

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

# **DIPLOMSKI RAD**

**Danijel Horvatić**

Zagreb, 2012.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

# **DIPLOMSKI RAD**

Mentor:

Dr.sc.Biserka Runje, dipl. ing.

Student:

Danijel Horvatić

Zagreb, 2012.

## IZJAVA

Izjavljujem da sam diplomski rad na temu "Umjeravanje mjernih instrumenata" izradio samostalno, koristeći navedenu stručnu literaturu i znanje stečeno tijekom studija.

Danijel Horvatić

## ZAHVALA

Uvelike se zahvaljujem svojoj mentorici profesorici dr.sc. Biserki Runje na stručnom vođenju kroz ovaj rad, pruženoj literaturi te mnogim korisnim savjetima koji su doprinijeli izradi ovog diplomskog rada.

Želio bi se također zahvaliti djelatnicima tvrtke Zrinski Tehnologija d.o.o. te direktorici dipl.oec.Ines Lukman na pruženom vremenu i pomoći tijekom izrade diplomskog rada.

Posebnu zahvalu posvećujem svojoj mami i obitelji koji su me nesebično pratili i podupirali tijekom mog čitavog školovanja.

## SADRŽAJ

SADRŽAJ.....	I
POPIS SLIKA.....	III
POPIS TABLICA.....	IV
POPIS TEHNIČKE DOKUMENTACIJE.....	V
POPIS OZNAKA.....	VI
SAŽETAK.....	VII
1. UVOD.....	1
2. POJAM KVALITETE.....	2
2.1. Razvoj kvalitete.....	3
3. OSNOVE MJERNJA I KONTROLE.....	5
3.1. Metrologija.....	5
3.1.1. Kategorije metrologije.....	6
3.2. Mjerne tehnike.....	6
3.3. Mjerna i ispitna sredstva.....	9
3.4. Mjerna nesigurnost.....	10
3.4.1. Određivanje standardne nesigurnosti A vrste.....	11
3.4.2. Određivanje standardne nesigurnosti B vrste.....	12
3.4.3. Određivanje sastavljene mjerne nesigurnosti.....	15
4. MJERNA SREDSTVA.....	17
4.1. Digitalno pomično mjerilo.....	17
4.2. Mikrometar.....	19
4.3. Mjerna ura i komparator.....	20
4.4. Finomjerna ura za mjerenje unutarnjih promjera, Subito.....	21
5. ORGANIZACIJA I STRATEGIJA TVRTKE.....	23
5.1. Strategija.....	23
5.2. Sustav upravljanja.....	24

6. ORGANIZACIJA UNUTAR LABORATORIJ ZA MJERENJE I KONTROLU.....	26
6.1. Nabava mjerne i ispitne opreme.....	26
6.2. Označavanje i evidencija opreme.....	27
6.2.1. Softverski paket Gewatec.....	28
6.3. Rukovanje mjernom opremom.....	29
6.4. Održavanje opreme.....	29
6.5. Osiguranje sljedivosti.....	30
7. PRIJEDLOG PROTOKOLA I RADNIH UPUTA ZA UMJERAVANJE.....	31
7.1. Proces provjere mjerne opreme unutar laboratorija.....	31
7.2. Izrada uputa za umjeravanje.....	33
7.3. Izrada radnih podloga za umjeravanje.....	34
8. ZAKLJUČAK.....	35
9. LITERATURA.....	36
10. DODATAK.....	37

## POPIS SLIKA

Slika 1.	Faze razvoja kvalitete.....	3
Slika 2.	Ispitivanje, mjerenje i kontrola.....	7
Slika 3.	Osnovna podjela tehnike mjerenja.....	8
Slika 4.	Pravokutna razdioba.....	14
Slika 5.	Trokutasta razdioba.....	14
Slika 6.	Shematski prikaz digitalnog pomičnog mjerila.....	17
Slika 7.	Sustav za očitavanje vrijednosti.....	18
Slika 8.	Nezadovoljavanje Abbe-ovog principa.....	19
Slika 9.	Shematski prikaz analognog mikrometra.....	20
Slika 10.	Vrste komparatora.....	21
Slika 11.	Mjerenje komparatorom.....	21
Slika 12.	Osnovni dijelovi subito mjernog uređaja.....	22
Slika 13.	Sustav upravljanja.....	23
Slika 14.	Elementi sljedivosti.....	30

**POPIS TABLICA**

Tablica 1.	Definicije kvalitete kroz povijest.....	2
Tablica 2.	Nadzor ispitne opreme.....	32



## POPIS TEHNIČKE DOKUMENTACIJE

Privitak 1.	Upute za umjeravanje pomičnog mjerila.....	37
Privitak 2.	Radna podloga za umjeravanje pomičnog mjerila.....	50
Privitak 3.	Upute za umjeravanje mikometra.....	53
Privitak 4.	Radna podloga za umjeravanje mikrometra.....	66
Privitak 5.	Upute za umjeravanje mjernih ura.....	70
Privitak 6.	Radna podloga za umjeravanje mjerne ure.....	80

## POPIS OZNAKA

Oznaka	Jedinica	Opis
$a+, a-$		granica intervala
$ci, cij$		koeficijent osjetljivosti
$k$		faktor pokrivanja
$l_{ix}$	mm	očitanje pomičnog mjerila
$l_s$	mm	duljina etalona
$L_s$	mm	nominalna duljina etalona
$\bar{\alpha}$	$\mu\text{m/K}$	prosječni koeficijent toplinskog širenja
$\Delta t$	K	razlika temperatura mjerila i etalona
$n$		broj ponovljenih mjerenja
$P$	%	vjerojatnost
$s$	$\mu\text{m}$ ili $\text{nm}$	procijenjeno standardno odstupanje
$U$	$\text{nm} / \mu\text{m}$	proširena mjerna nesigurnost
$u(xi)$		standardna mjerna nesigurnost
$uc(y)$		sastavljena standardna nesigurnost
$Xi$		ulazna veličina
$xi$		procjena ulazne veličine
$\delta l_{ix}$	$\mu\text{m}$	korekcija zbog procijene očitavanja
$\delta l_m$	$\mu\text{m}$	korekcija zbog mehaničkih utjecaja
$\delta l_0$	$\mu\text{m}$	korekcija zbog postavljanja na nulu

## SAŽETAK

U ovom diplomskom radu opisan je postupak provedbe umjeravanja mjernih sredstva i instrumenata sukladno zahtjevima međunarodnih normi DIN 862, DIN 863 te DIN 868 a koja se koriste u proizvodnom pogonu te u prostorima za mjerenja i kontrolu tvrtke Zrinski Tehnologija d.o.o.

Da bi Laboratorij za mjerenja i kontrolu navedene tvrtke dobio odgovarajući certifikat za umjeravanje vlastite opreme, mora svoje postupke prilagoditi zahtjevima normi te za svaki od njih posjedovati odgovarajući unificirani protokol po kojem se pojedino umjeravanje provodi. Zbog toga se u ovom radu prvo osvrće na samu analiza proizvodnje, zahtjeve proizvođača prema kontroli i mjerenju pojedinih pozicija, te se onda prema tome formira popis uređaja i sredstava za koje je potrebo izraditi radne upute za umjeravanje.

Nadalje se u radu razrađuju i opisuju pojedina mjerna sredstva, njihove karakteristike, mogućnosti i područja mjerenja te moguće pogreške mjerenja. Iz tih podataka te prema gore navedenim normama formirane su radne upute za umjeravanje pojedinog mjernog sredstva a sve u svrhu dobivanja certifikata ISO 9001:2008.

## 1. UVOD

Da bi proizvodnja u svakoj tvrtki tekla nesmetano, sustav kontrole kvalitete mora biti dobro posložen i organiziran i ni u jednom trenutku ne smije biti upitna njegova točnost ili sumnja u dobiveni rezultat. Da bi ostvarili takav rezultat moraju biti korištena odgovarajuća mjerna sredstva tijekom same proizvodnje te unutar mjernog ili kontrolnog laboratorija. Da bi takva sredstva ili instrumenti bili mjerodavni moraju se redovito umjeravati te dobiveni rezultati moraju biti dokumentirani na za to odgovarajući i propisani način a shodno normi ISO 9001:2008.

U ovom radu se daje konkretni primjeri izbora, rukovanja te umjeravanja mjerne i ispitne opreme koja se koristi unutar proizvodnog pogona za mjerenja tijekom proizvodnje na pojedinom stroju a koja provode sami operateri, te opreme koja se koristi unutar laboratorija za mjerenje i kontrolu kao završna kontrola. Pošto se zbog obujma mjernih sredstva sva umjeravaju vrše unutar samog laboratorija, osoblje zaduženo za njihovu provedbu mora biti dobro upućeno u protokole za umjeravnje pojedine vrste mjernih sredstava, pa su shodno tome izrađeni i predloženi protokoli za sva mjerna sredstva i instrumente.

## 2. POJAM KVALITETE

Pojam kvalitete spominje se u mnogo disciplina ali uvijek ima jednoznačno značenje a to je da se povezuje sa poboljšanjem proizvoda da bi zadovoljio zahtjeve kupaca bez obzira da li se odnosilo na sustav ili radnje unutar tog procesa.[1] Kvaliteta u proizvodnji najviše se odnosi na ispunjavanja zahtjeva kupca te potpunu funkcionalnost gotovog proizvoda uz što manje nesukladnih dijelova. Kroz vremena način provođenja kvalitete u proizvodnji je prošao nekoliko faza i za pojam kvalitete se vežu mnogi pojmovi kao osiguranje ili kontrola kvalitete, menadžment kvalitete te upravljanje kvalitetom.

Opću definiciju kvalitete još je uvijek teško odrediti ali sigurno je jedno, da se nakon pojave standarda ISO 9000:1987 puno stvari i pojmova objedinilo u korist definiranja kvalitete kao jednoznačnog pojma u mnogim granama korištenja. Korisno je vidjeti kako se pojam kvalitete [1] definirao kroz sve godine do dolaska standardizacije. Neke važnije definicije navedene su u tablici 1.

Tablica 1. Definicije kvalitete kroz povijest

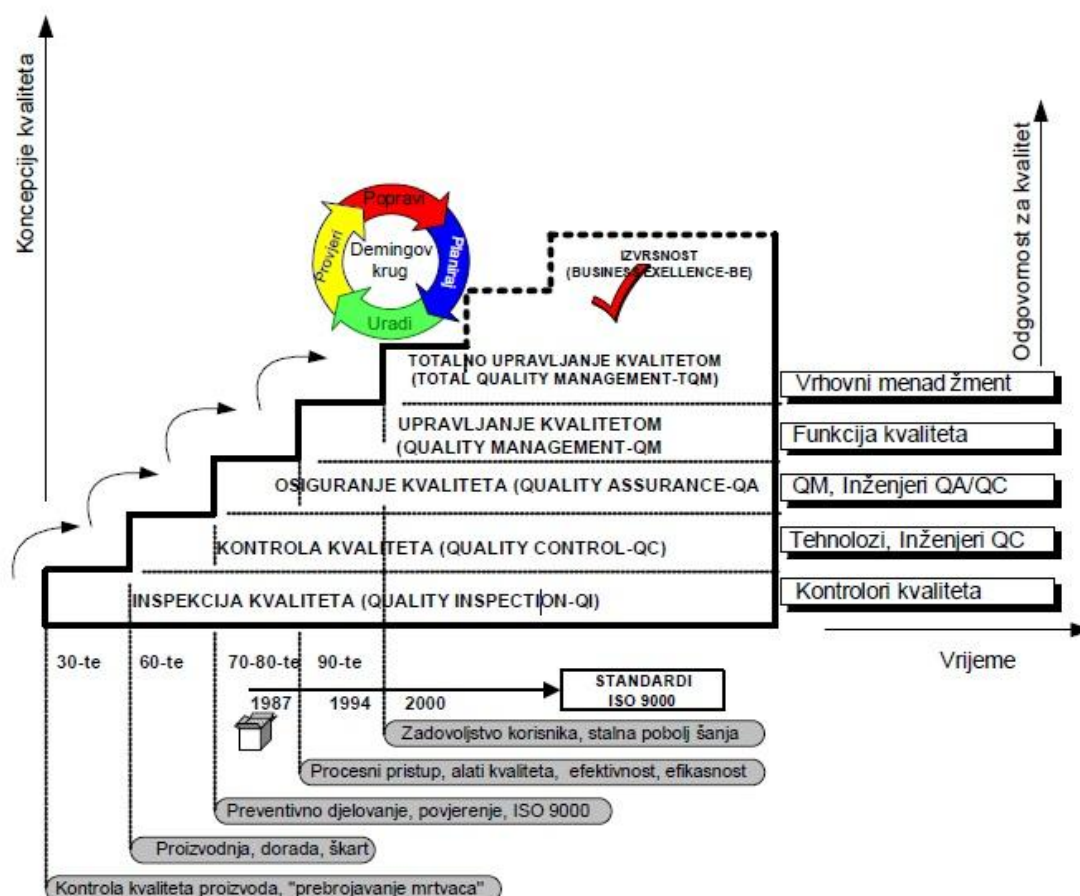
primjerenost za upotrebu - <i>fitness for use</i> .....	<i>J. Juran</i>
riješanje problema .....	<i>E. Deming</i>
zadovoljstvo kupca .....	<i>T. Wayne</i>
planetarni i društveni fenomen današnjice .....	<i>T. Conti</i>
kada se vrati kupac, a ne proizvod .....	<i>M. Tacher</i>
besplatan, ali nije poklon .....	<i>P. Crosby</i>
posao broj jedan .....	<i>H. Ford</i>
<i>stepen do kojeg skup međusobno zavisnih</i> <i>karakteristika proizvoda/usluge zadovoljavaju kupca</i> .....	<i>ISO 9000:2000</i>

Prema ovim definicijama [1] kvaliteta bi se mogla opisati na jednostavan način sljedećim funkcijama:

$$\text{KVALITETA} = \text{ZNANJE} + \text{PLANIRANJE} + \text{DOKUMENTACIJA}$$

## 2.1. Razvoj kvalitete

U samim počecima provođenje kvalitete odnosilo se na kontrolu kvalitete nakon samog procesa proizvodnje te nije bilo moguće kontrolirati proces. Pojavom osiguranja kvalitete te potpunim upravljanjem kvalitetom pojam kvalitete je stao na višu stepenicu s naglaskom na mogućnost upravljanja procesom kvalitete. Tijekom godina shvaćanja o kvaliteti su se bitno mijenjala što je dovelo do toga da se počelo sistemski pristupati kvaliteti što je i pridonijelo velikom skoku u pozitivnom smjeru. Kvaliteta je postala funkcija organizacije, kupca, dobavljača, vlasnika te zaposlenih radnika koja se i danas razvija u pozitivnom smjeru koliko zbog novih tehnoloških otkrića, novih materijala, novih pristupa a ponajviše zbog većeg obujma znanja i zahtjeva tržišta. Tijek preobrazbe shvaćanja kvalitete [1] prikazan je slikom 3.



Slika 1. Faze razvoja kvalitete

Iz navedenih faza razvoja vidljivo je kako je pojam kvalitete izrastao iz završne kontrole 1920. koja se provodila pomoću mjernih i kontrolnih sredstava, te je odvajala loše proizvode od dobrih proizvoda. Sve do pojave osiguranja kvalitete proces proizvodnje nije bio uključen u sustav provođenja kvalitete pa se nakon pojave tog pojma kvalitete počela provoditi kroz preventivne mjere procesa proizvodnje te kroz troškove nesukladnih proizvoda. U današnje vrijeme kvaliteta je dobila nove zahtjeve, više i bolje od onih prethodnih što se može i vidjeti iz zahtjeva tržišta, a tvrtke svjesne te činjenice preuzele su dva napredna modela provođenja kvalitete koja karakteriziraju svjesnost ugrađivanja kvalitete u sam proizvod, korištenje ekspertnih metoda podržanih visokim stupnjem informatizacije, veliki ekonomski utjecaj, unaprijed propisana pravila koja se odnose na proizvodne postupke, procese i aktivnosti, dokumentacija po kojoj se vode svi procesi, a sve u svrhu vođenja kvalitete u samo jednom smjeru, ka što manje nesukladnih proizvoda i što manje troškova proizvodnje.

### 3. OSNOVE MJERENJA I KONTROLE

Pojam mjerenje [2] pojavljuje se kao rezultat potrebe za kvantitativnim opisom prirodnih pojava, a direktno je rezultat opažanja i potrebe za usporedbom s drugim pojavama tj. veličinama. Takvo mišljenje započelo je već u 17. stoljeću i razvija se sve do današnjih vremena s pretpostavkom da bez mogućnosti kvantitativnih rezultata mjerenja nema ni razvoja na području znanosti.

Mjerenje je skup eksperimentalnih postupaka koji imaju za cilj određivanje jedne ili više veličina tj. mjerenje je proces usporedbe dobivenog rezultata sa rezultatom koji je uzet kao referentna vrijednost, jedinična mjera.

#### 3.1. Metrologija

Mjerenje kao disciplina [2] razvijala se u svim smjerovima te je bila sveobuhvatna u svim granama znanosti što je rezultiralo pojavom pojma metrologije kao znanosti koja se bavi metodama mjerenja prije svega fizičkih veličina. Njezina primarna zadaća je realizacija i održavanje etalona fizičkih veličina prema kojima se svako mjerenje može usporediti i postati valjano, te bi se to moglo nazvati temelj mjeriteljstva. Nadalje metrologija se kao znanstvena disciplina bavi razvojem i izradom mjernih sredstava i uređaja koji su neophodni da bi se mjerni rezultat mogao prikazati kvantitativno te kao takav biti mjerodavan za daljnje usporedbe ili vrednovanja. Obrada rezultata i analiza izmjerenih vrijednosti nefizički su dio metrologije koji je jednako važan kao i sam rezultat, jer izmjerena vrijednost bez pravilne interpretacije istovjetna je krivo izmjerenoj vrijednosti.



### 3.1.1. Kategorije metrologije

Tri su grane metrologije trenutno prisutne u mjeriteljstvu [2] a podijeljene po područjima na kojima djeluju:

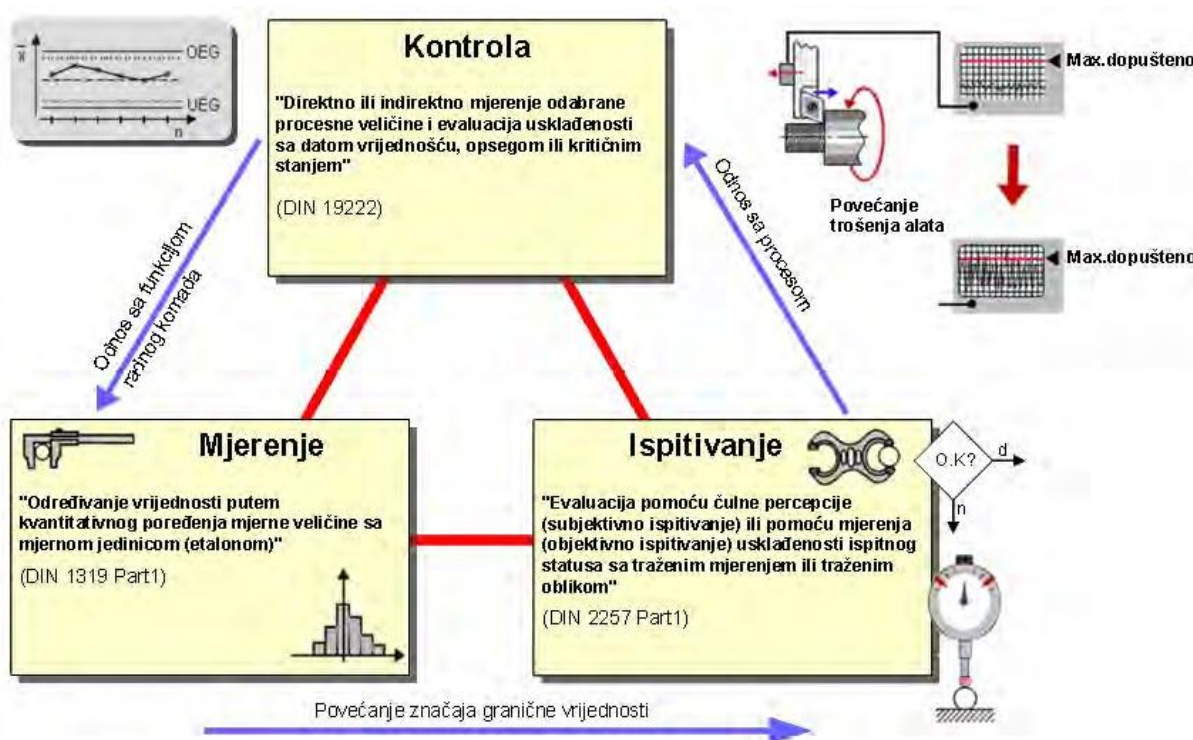
- Znanstvena metrologija
- Industrijska metrologija
- Zakonska metrologija

Znanstvena metrologija zaslužna je za objedinjenje razvoja te znanstveno istraživačkog rada u jednu cjelinu, pri čemu ima za zadatak organizaciju i razvoj mjernih etalona te održavanje etalona najviše razine.

Industrijska metrologija ima za cilj usmjerenje proizvodnje da teče u skladu sa međunarodnim i nacionalnim standardima, a u svrhu ostvarivanja kvalitetnog proizvoda. Paralelno s time ona je zaslužna za pravilno funkcioniranje i održavanje mjernih sredstava i uređaja koja su neophodna da bi pojam mjerenja uopće bio prisutan u industriji. Ta vrsta metrologija mogla bi se poistovjetiti sa standardizacijom svega što obuhvaća, od izbora mjerila pa do samog procesa mjerenja koji se provodi unutar nekog pogona. Upravo je industrijska metrologija ta disciplina koja mora težiti uvođenju standardizacije unutar svog područja djelovanja

### 3.2. Mjerne tehnike

Svaka mjerljiva veličina iziskuje određeni pristup mjerenju iste, pa se shodno tome razvilo mnogo tehnika mjerenja, kao i mjerila koja doprinose što točnijem i jednostavnijem dobivanju mjerene veličine. Najčešće korišteni pojmovi [3] u mjeriteljstvu su ispitivanje, mjerenje i kontrola. Naizgled slični pojmovi koji se odnose na ocjenu proizvoda, imaju neke razlike koje se ne bi smjele zanemariti. Slikom 2. prikazane su definicije pojedine discipline.

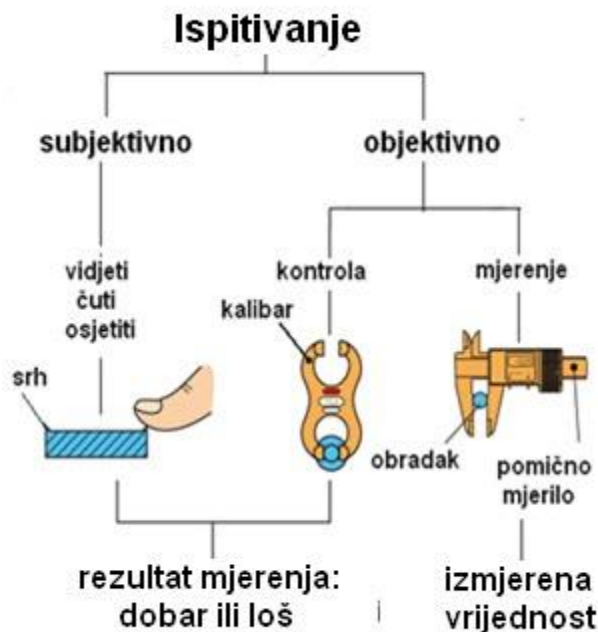


Slika 2. Ispitivanje, mjerenje i kontrola

Ispitivanje je proces provjere bez opreme eksperimentalno ili uz korištenje bilo koje opreme, mjerne ili kontrolne. Ispitivanje se vrše najvećim dijelom u dimenzionalnoj te industrijskoj metrologiji. Ispitivanja možemo dijeliti na subjektivna ispitivanja te objektivni postupci, pri čemu se objektivni postupci vežu uz dimenzijske veličine te se dijele na kontrolu i mjerenje.

Kontrola se svrstava u objektivne postupke ispitivanja te se njezinom provedbom ne dobivaju brojčane vrijednosti kontroliranih veličina već se dobiva samo povratna informacija da li je mjerena veličina u granicama postavljenih dimenzija tj. tolerancija ili nije. Provedbom kontrole neke pozicije možemo dobiti tri moguća odgovora: mjerena pozicija zadovoljava, ne zadovoljava ili je za doradu da bi zadovoljila kriterije. Kontrola je relativno brz proces iz kojeg se lako može zaključiti sposobnost i stabilnost proizvodnog procesa kojim je kontrolirani komad bio proizveden.

Osnovne mjerne tehnike od kojih su potekle sve ostale mogle bi raščlaniti te prikazati kao na slici 3.



Slika 3. Osnovna podjela tehnike mjerenja

Svako mjerenje možemo podijeliti na subjektivno i objektivno mjerenje veličine [3]. Naravno da kod objektivnog mjerenja dobivamo kvantitativni rezultat mjerenja koji možemo usporediti sa našim referentnim, dok kod subjektivnog mjerenja može samo konstatirati da li je nešto loše ili dobro.

Time što subjektivno "mjerenje" ne može dati brojčani rezultat, ne znači da je lošije ili manje vrijedno od objektivnog mjerenja. Dapače subjektivno mjerenje je uvijek prisutno, čak i prije samog objektivnog mjerenja jer gledanjem, opipom ili sluhom možemo odmah uočiti nepravilnost koja mjerenu poziciju stavlja u nesukladne proizvode. Ova subjektivna metoda uvelike je zastupljena kod proizvodnje medicinske tehnike i implantanata, tim više što ne postoji mjerno sredstvo ili uređaj koji je u mogućnosti otkriti srh, oštećenje površine ili slično.

### 3.3. Mjerna i ispitna sredstva

Da bi neka tehnika imala svoju svrhu mora za to imati sredstvo s koji će se neko mjerenje ili kontrola provesti. Sva mjerna oprema izrađuje se sa jednim ciljem, a to je da izmjerena vrijednost bude što točnija normiziranoj i uz što manje izgleda za pogreškom. Ispitna sredstva se mogu razvrstati u tri grupe:

- Mjerni uređaji
- Kontrolnici
- Pomoćna sredstva

Mjerne uređaje možemo podijeliti na čvrsta i pokazna mjerila ( pomično mjerilo, mikrometar, mjerna ura . . ) a služe objektivnom mjerenju veličina s mogućnosti pokazivanja trenutnog, relativnog ili kumulativnog rezultata mjerenja. Mjerni uređaji biti će detaljno obrađeni u poglavlju 3. gdje će biti opisane njihove bitne karakteristike te područja primjene.

Kontrolnici su tijela sa određenom mjerom ili mjerom i oblikom ispitnog predmeta sa služe za ispitivanje mjera kod kojih nije važan iznos već samo točnost izrade. U tu kategoriju spadaju kontrolni zatici, kontrolni trnovi, paralelne kladice, navojni trnovi i zatici te šablone.

U posebnu kategoriju mjernih uređaja svrstavaju se bezkontaktni mjerni uređaji te trokoordinatne mjerilice koji se najviše koriste kod mjerenja oblika i položaja što u nekim slučajevima nije moguće izmjeriti kontaktnim mjernim sredstvima ili kontrolnicima.

### 3.4. Mjerna nesigurnost

Kod svakog mjerenja najvažnije je da rezultat mjerenja bude što točniji te da bude mjerodavan. Kod iskazivanja rezultata mjerenja fizičke veličine prema [4], obavezno se mora dati pokazatelj kakvoće tog rezultata da bi on kao takav bio mjerodavan i imao neku svoju pouzdanost pri iskazivanju, a takva pouzdanost se u mjeriteljstvu naziva *nesigurnost*. Nesigurnost mjerno rezultata se može opisati kao pomanjkanje točnog znanja vrijednosti mjerene veličine. Metoda za izračun i izražavanje nesigurnosti mjernog rezultata trebala bi biti:

- *sveobuhvatna*; primjenjiva na sve vrste mjerenja i za sve vrste ulaznih podataka koji se upotrebljavaju pri mjerenju

, dok bi stvarna veličina kojom se izražava nesigurnost trebala biti:

- *unutarnje povezana*
- *prenosiva*

Mogući izvori nesigurnosti u mjerenju jesu<sup>2</sup>:

- nepotpuna definicija mjerene veličine
- nereprezentativno uzorkovanje
- osobna pristranost u očitavanju rezultata analognih instrumenata
- razlučivost instrumenata ili prag pokretljivosti
- netočne vrijednosti mjernih etalona i referentnih tvari
- aproksimacije i pretpostavke uključene u mjernu metodu i postupak
- neispravnost mjernog sredstva
- uvjeti okoline

Nesigurnost i pogreška nisu istoznačni pojmovi, pa pogrešku definiramo kao posljedicu nesavršenosti koje postoje kod svakog mjerenja. Pogreške možemo razlikovati prema načinu nastanka na slučajne i sustavne pogreške. Slučajne pogreške nastaju iz nepredvidivih ili slučajnih promjena utjecajnih veličina i na njih se ne može utjecati prije nastanka, ali ih je moguće reducirati povećanjem frekvencije opažanja kod mjerenja. Očekivana vrijednost kod slučajne pogreške zbog toga je jednaka nuli. Sustavna pogreška za razliku od slučajne pogreške za uzrok ima neki izvor čije je djelovanje moguće količinski iskazati te utvrditi i prema tome ga reducirati na način da se primjeni faktor ispravka. Očekivana vrijednost pogreške kod ispravka sustavne pogreške jednaka je nuli.

#### 3.4.1. Određivanje standardne nesigurnosti A vrste

Prema [4] uvjet za određivanje standardne nesigurnosti A vrste je da istu ulaznu veličinu neovisno promatramo više puta pod istim mjernim uvjetima. Ako je ulazna veličina  $q$ , a broj opažanja jednak  $n$ , dobivamo sljedeće:

$$\bar{q} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n q_k$$

Mjerna nesigurnost za dobivenu aritmetičku sredinu ulazne veličine može se odrediti jednom od ovih metoda:

- a) Procjena varijance razdiobe jednaka je *eksperimentalnoj varijanciji*  $s^2(q)$

$$s^2(q_k) = \frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^n (q_j - \bar{q})^2$$

pri čemu se drugi korijen iz izraza naziva *eksperimentalnim standardnim odstupanjem*, dok je najveća procjena varijance aritmetičke sredine jednaka *eksperimentalnoj varijanciji srednje vrijednosti*

te se drugi korijen iz izračunate jednadžbe naziva *eksperimentalnim standardnim odstupanjem srednje vrijednosti*.

$$s^2(\bar{q}) = \frac{s^2(q_k)}{n}$$

Standardna nesigurnost  $u(q)$  pridružena procijeni ulazne veličine eksperimentalno je standardno odstupanje srednje vrijednosti

$$u(\bar{q}) = s(\bar{q})$$

- b) Za dobro opisana mjerenja pod statističkim nadzorom moguće je koristiti sastavljenu procijenu varijance iz izraza

$$s^2(\bar{q}) = \frac{s_p^2}{n}$$

### 3.4.2. Određivanje standardne nesigurnosti B vrste

Za sve proračune nesigurnost u ovom radu biti će korišteni izrazi izračunavanja nesigurnosti umjeravanja prema izrazima danima iz [4] ili izvedeni izrazi iz istih.

Kod određivanja standardne nesigurnosti B vrste u obzir se uzimaju sljedeći podaci dobiveni znanstvenom prosudbom:

- podaci dobiveni iz prijašnjih mjerenja
- prijašnja znanja i iskustva o mjerilima
- specifikacija proizvođača
- podaci iz prijašnjih umjeravanja ili potvrda o umjeravanjima
- nesigurnosti pridružene referentnim podacima a uzete iz priručnika

Određivanje standardne nesigurnosti B vrste moguće je na sljedeće načine:

- a) ako je poznata samo jedna vrijednost mjerene veličine  $X_i$ , rezultata prijašnjeg mjerenja ili neke referencijske vrijednosti iz priručnika, ta se vrijednost upotrebljava za procjenu ulaznih veličina  $x_i$ . Standardna nesigurnost  $u(x_i)$  pridružena  $x_i$  mora se prihvatiti tamo gdje je dana.
- b) Kada se na temelju teorije ili iskustava može pretpostaviti razdioba vjerojatnosti za veličinu  $X_i$ , tada se procjena ulazne veličine  $x_i$  te pridružene standardne nesigurnosti  $u(x_i)$  uzima redom iz odgovarajućeg očekivanja ili očekivanu vrijednost i drugi korijen varijancije te razdiobe.
- c) Ako nam je poznata samo gornja i donja granica  $a_+$  i  $a_-$  vrijednosti veličine  $X_i$  kao u mnogim slučajevima proizvođačke specifikacije mjerila, za moguće vrijednosti ulazne veličine  $X_i$  pretpostavlja se razdioba vjerojatnosti sa stalnom gustoćom vjerojatnosti između tih granica. U skladu sa (b) za procijenjenu se vrijednost dobiva:

$$x_i = \frac{1}{2} (a_+ + a_-)$$

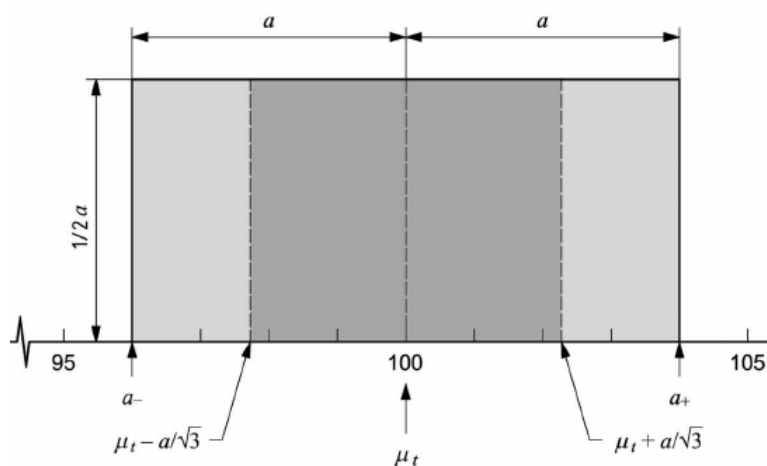
dok je kvadrat standardne nesigurnosti

$$u^2(x_i) = \frac{1}{12} (a_+ - a_-)^2$$

Važno je napomenuti da kad se procjena ulazne veličine temelji na procijeni granica intervala pojavljivanja (od  $-a$  do  $+a$ ), uz istu vjerojatnost pojavljivanja unutar intervala, odnosno uz vjerojatnost jednaku nuli za pojavljivanje izvan tog intervala, tada standardnu nesigurnost dobivamo iz pravokutne razdiobe. Standardna nesigurnost dobiva se iz izraza:

$$u(x_i) = \frac{a}{\sqrt{3}}$$

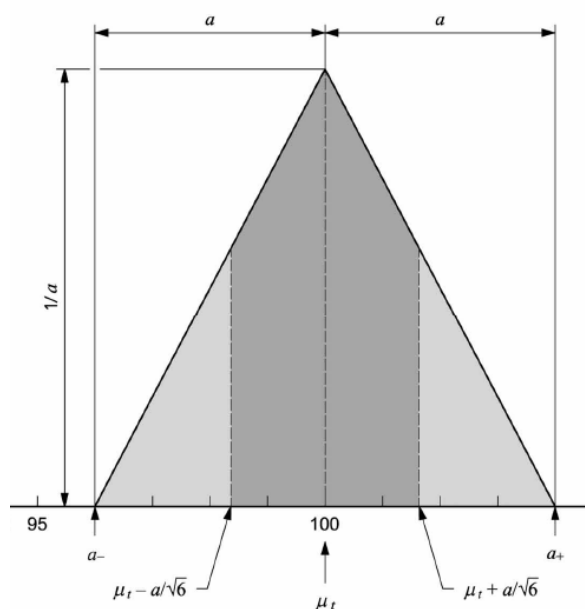




Slika 4. Pravokutna razdioba

U slučaju kada se pretpostavlja procjena ulazne veličine, a vjerojatnost pojavljivanja u granicama od  $-a$  do  $+a$  u okolini pretpostavljene vrijednosti je nepoznata, koristi se simetrična trokutasta razdioba. U tom slučaju standardna nesigurnost iznosi:

$$u(x_i) = \frac{a}{\sqrt{6}}$$



Slika 5. Trokutasta razdioba

### 3.4.3. Određivanje sastavljene mjerne nesigurnosti

Sastavljena mjerna nesigurnost [4] određuje se sastavljanjem standardnih mjernih nesigurnosti  $u(x_i)$  procjene ulaznih veličina  $x_1, x_2, \dots, x_n$ . Takva sastavljena mjerna nesigurnost procjene  $y$  označuje se sa  $u_c(y)$ .

Ulazne veličine  $x_1, x_2, \dots, x_n$  mogu biti neovisne jedna o drugoj, u tom slučaju se radi o nekolinearnim ulaznim veličinama, i mogu biti ovisne jedna o drugoj i u tom slučaju govorimo o kolineranim ulaznim veličinama. Kod izračuna sastavljene mjerne nesigurnosti  $u_c(y)$  za umjeravanja mjerne opreme biti će korišteni izraz za nekolinerane ulazne veličine dan izrazom:

$$u_c^2(y) = \sum_{i=1}^N \left( \frac{\partial f}{\partial x_i} \right)^2 u^2(x_i)$$

, gdje je sastavljena mjerna nesigurnost  $u_c(y)$  jednaka drugom korijenu sastavljene varijancije  $u_c^2(y)$

### 3.4.4. Određivanje proširene mjerne nesigurnosti

Iz [1] proširena mjerna nesigurnost je mjera nesigurnosti koja određuje interval oko mjernog rezultata za koji se može očekivati da obuhvaća veliki dio razdiobe vrijednosti koje se razumno mogu pridružiti mjerenoj veličini. Proširena mjerna nesigurnost dobiva se množenjem sastavljene standardne nesigurnosti  $u_c(y)$  s faktorom pokrivanja  $k$  te se označava s  $U$ :

$$U = k u_c(y)$$

Vrijednost faktora pokrivanja  $k$  odabire se na temelju zahtijevane razine povjerenja za interval  $y-U$  do  $y+U$ . Općenito  $k$  će biti u području između 2 i 3. U mjernim situacijama gdje je razdioba vjerojatnosti opisana s  $y$  i  $u_c(y)$  približno normalna, a broj stvarnih stupnjeva slobode sastavljene standardne nesigurnosti  $u_c(y)$  značajan po iznosu, često je prikladan jednostavniji pristup koji se pojavljuje u praksi, može se pretpostaviti da uzimanje  $k=2$  daje interval koji ima razinu povjerenja od približno 95 posto, a uzimanje  $k=3$  daje interval koji ima razinu povjerenja od približno 99 posto.

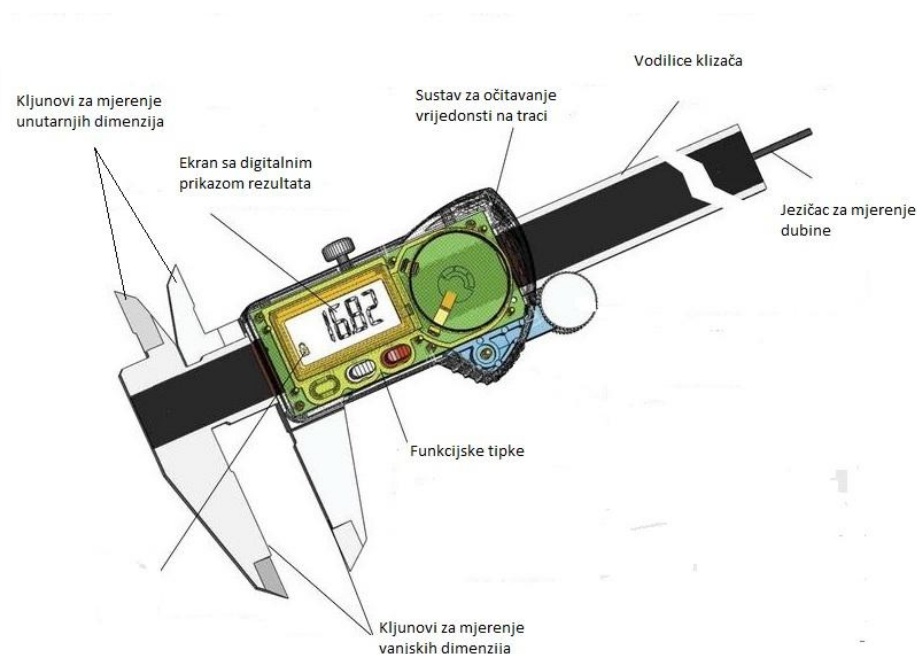
## 4. MJERNA SREDSTVA

Osnovna podjela mjernih i ispitnih sredstava navedena su u točki 3.3. te će se u toči 5. opisati i detaljnije razraditi mjerna sredstva koja se koriste unutar tvrtke Zrinski tehnologija d.o.o. koja će u kasnijem razmatranju biti predmetom prijedloga umjeravanja pa je važno znati načine na koje pojedina mjerna sredstva funkcioniraju te koja su im ograničenja kod mjerenja.

### 4.1. Digitalno pomično mjerilo

Pomično mjerilo je prema [5] ručni alat koji ima mogućnost mjerenja vanjskih i unutarnjih promjera, mjerenja dubine te visine utora, mjerenja vanjskih i unutrašnjih dimenzija pravilnih oblika. Mjerno područje pomičnih mjerila kreće se od 0-1000mm, dok razlučivost leži u granicama od 0,001 do 0,01mm ovisno o potrebama mjerenja. U ovom radu biti će obuhvaćena i obrađena pomična mjerila u mjernom rasponu od 0-300mm, razlučivosti 0,01mm propisanih prema specifikacijama proizvođača.

Dijelovi digitalnog pomičnog mjerila prikazani su na shematskoj slici 4.

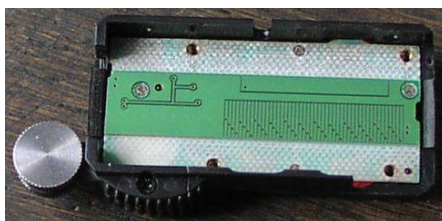


Slika 4. Shematski prikaz digitalnog pomičnog mjerila

Kljunovi za unutarnja i vanjska mjerenja najvažniji su dijelovi mjernog sredstva jer oni dolaze u kontakt sa mjerenom pozicijom te je za njih veoma važno da budu napravljeni od tvrdog metala otpornog na trošenje. Mjerne površine su obrađene najfinijom procesom završne obrade, lepovanjem pri čemu ravnost mjernih površina doseže vrijednosti 0,0005mm.

Funkcijske tipke najčešće se sastoje od funkcija uključi/isključi, funkcija poništavanja vrijednosti te mogućnost 'zamrzavanja' rezultata ukoliko se radi o mjerenju dimenzija u skučenim prostorima.

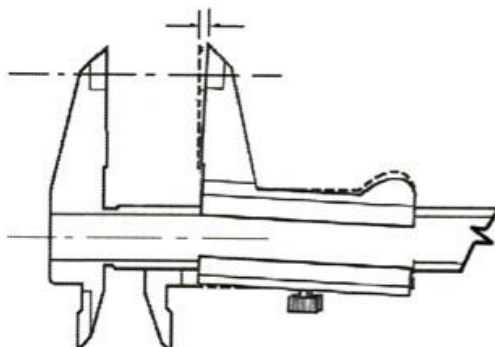
Sustav za očitavanje vrijednosti sastoji se mjerne skale koja je sa vanjske strane vidljiva kao i mjerna skala analognog pomičnog mjerila, dok je onaj nevidljivi dio magnetne mjerne skale podijeljen u mrežu razmaka 0,01mm što je ujedno i razlučivost mjernog sredstva. Gornji sustav očitavanja koji kliže po magnetnoj mjernoj skali mjeri svaku liniju kojom prolazi te time pokazuje rezultat na ekranu. Iz tog razloga je vrlo bitno voditi računa o čistoći mjerne skale jer ukoliko postoji i najmanja zapreka ili oštećenje mjerni sustav će očitavati pogrešnu vrijednost. Način na koji su podijeljeni dijelovi mjerne skale prikazan je na slici 5.



Slika 5. Sustav za očitavanje vrijednosti

Pošto je pomično mjerilo veoma rašireno i popularno kod kontrole i mjerenja u proizvodnji zbog svoje izvedbe i jednostavnim načinom primjene, to je mjerno sredstvo jedino kod kojega nije zadovoljen Abbe-ov princip te je potrebno voditi brigu oko paralelnosti mjernih površina te pritiskne sile kod mjerenja, posebno kod mjerenja vrhovima.

Mogućnost pojave pogreške zbog nezadovoljavanja Abbe-ovog principa prikaza je na slici 6.



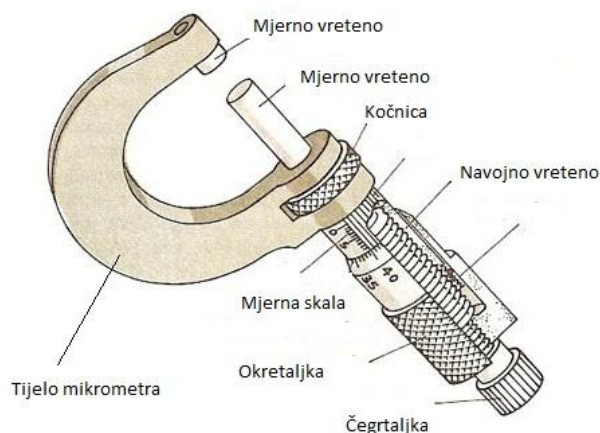
Slika 6. Nezadovoljavanje Abbe-ovog principa

#### 4.2. Mikrometar

Mikrometar ili stremeni vijak je prema [6] ručno mjereno sredstvo kojim je moguće mjeriti vanjske mjere i promjere u rasponu od 0-1000mm ( u specijalnim izvedbama i više ), razlučivosti 0,001mm. U ovom radu biti će obuhvaćeni mikrometri mjernog područja od 0-150mm, razlučivosti 0,001mm, sa analognim i digitalnim prikazom vrijednosti. Mjerenje se ostvaruje dodirrom vretena sa jedne i druge strane dok je sila pritiska ograničena čegrtaljkom. Dodirne površine na vretenu najčešće se izrađuju od karbida zbog otpora na trošenje te mogućnost fine završne obrade lepovanjem. Navojno vreteno pomoću kojeg se ostvaruje kretanje najčešće je kaljeno i od materijala otpornog na temperaturne oscilacije. Na kraju vretena nalazi se čegrtaljka koja uvijek ostvaruje istu pritisnu silu kod mjerenja.

Kod specijalnih izvedbi mikrometara, mjerne površine mogu biti različitih oblika ovisno o potrebama mjerenja, pa se tako često sreću tanjuraste izvedbe, izvedbe za mjerenje unutarnjih promjera, izvedbe sa vrlo tankim mjernim površinama na utore.

Svi dijelovi analognog mikrometra prikazani su na shematskoj slici 7.



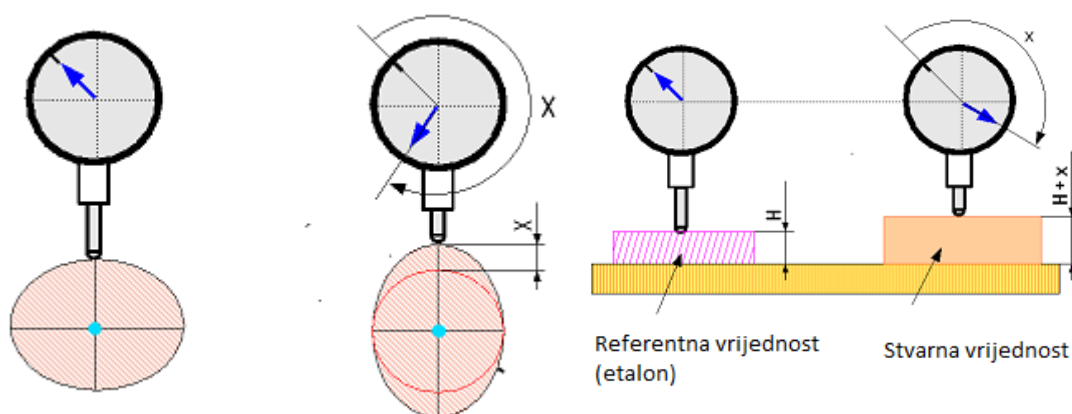
Slika 7. Shematski prikaz analognog mikrometra

#### 4.3. Mjerna ura i komparator

Mjerna ura je prema [7] mehanički ručni mjerni alat s kojim je moguće precizno mjerenje duljina. Karakterizira je mogućnost primjene u skoro svim smjerovima mjerenja pošto ima mogućnost prihvata za posebne držače i mjerne granitne stolove. Područje mjerenja kreće se od 0-125mm, dok je rezolucija najčešće u granicama od 0,001-0,01mm. Mjerna ura ima mogućnost pokazivanja rezultata kao izmjerenu vrijednost (digitalni ili analogni) ili kao razliku rezultata naspram neke uzete reference (komparator). Komparator se najčešće koristi kod mjerenja ravnosti površine, kružnosti vanjskog promjera ili paralelnosti pozicije gdje je bitno odrediti odstupanje mjernog komada od samoga sebe. Kod mjerne ure i komparatora postoji fleksibilnost i u pogledu ticala koja su u kontaktu sa mjerenom veličinom, a mogu se mijenjati prema trenutnoj potrebi. Na slici 8. prikazani su analogni komparatori dok su na slici 9. prikazana dva moguća načina mjerenja komparatorom u proizvodnji.



Slika 8. Vrste komparatora



Slika 9. Mjerenje komparatorom

#### 4.4. Finomjerna ura za mjerenje unutarnjih promjera, Subito

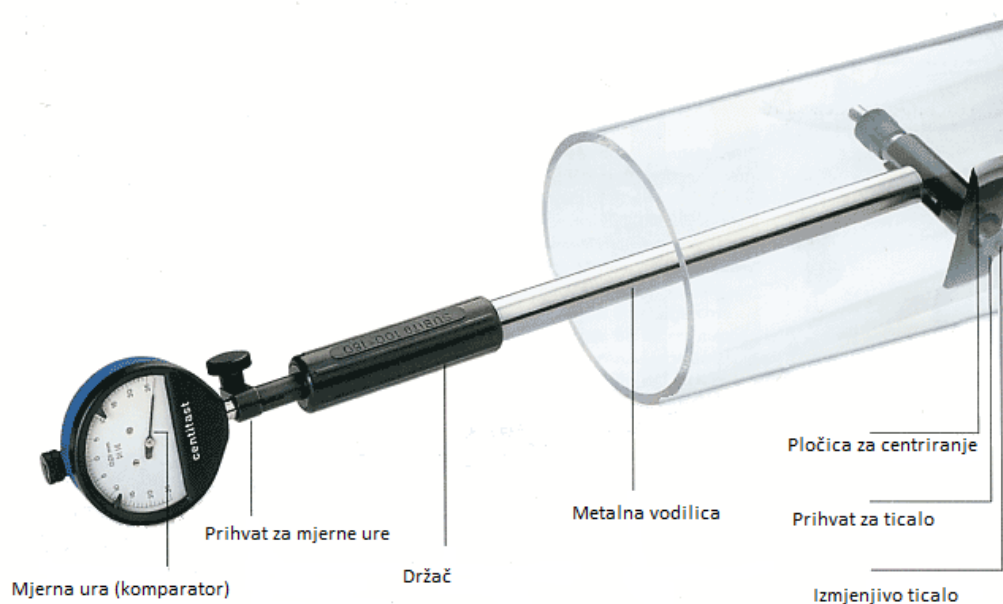
Subito mjerna na ura uređaj je namijenjen za mjerenje unutarnjih promjera cilindra vrlo visoke točnosti, i to raspona od 4,5 - 800mm i dubine do 300mm ovisno o namjernoj vrsti tastera koji se koriste. Uređaj je specifičan po svojoj fleksibilnosti prema rasponu i rezoluciji mjerenja pri čemu se raspon mjerenog promjera namješta stavljanjem pojedinog mjernog ticala koje je namijenjeno samo za taj mjereni promjer. Rezolucija mjerenja ovisi o mjernoj uri koja se stavlja na stalak za mjerenje a može biti u rasponu od 0,001-0,02mm, digitalno ili analognog prikaza. Mehanizam koji koristi ovaj uređaj omogućuje ponovljivost mjerenja unutar  $0,5\mu\text{m}$  a garantira maksimalno odstupanje od  $2,0\mu\text{m}$ .



Ovaj uređaj ima specifičnost i mogućnost mjerenja forme oblika, i to kružnosti promjera te cilindričnosti mjerenog cilindra.

Način mjerenja provodi se tako da se za unaprijed željeni promjer koji će biti mjeren stavlja ticalo dužine jednake polumjeru mjerenog radijusa, te se u spravu za nuliranje mjerne ure stavlja planparalelna granična mjerka duljine jednake promjeru mjerenog provrta i na taj način se subito mjerni uređaj umjeri za određeni promjer ( stavi se u nulti položaj ). Nakon toga se željeni promjer mjeri na način da subito pomiče u lijevu i desnu stranu, okomito na površine koje mjeri te se kod točke preklopa očitava njegovo odstupanje u odnosu na unaprijed umjerenu nazivnu veličinu.

Na slici 10. prikazani su osnovni dijelovi subito mjernog uređaja.



Slika 10. Osnovni dijelovi subito mjernog uređaja

## 5. ORGANIZACIJA I STRATEGIJA TVRTKE

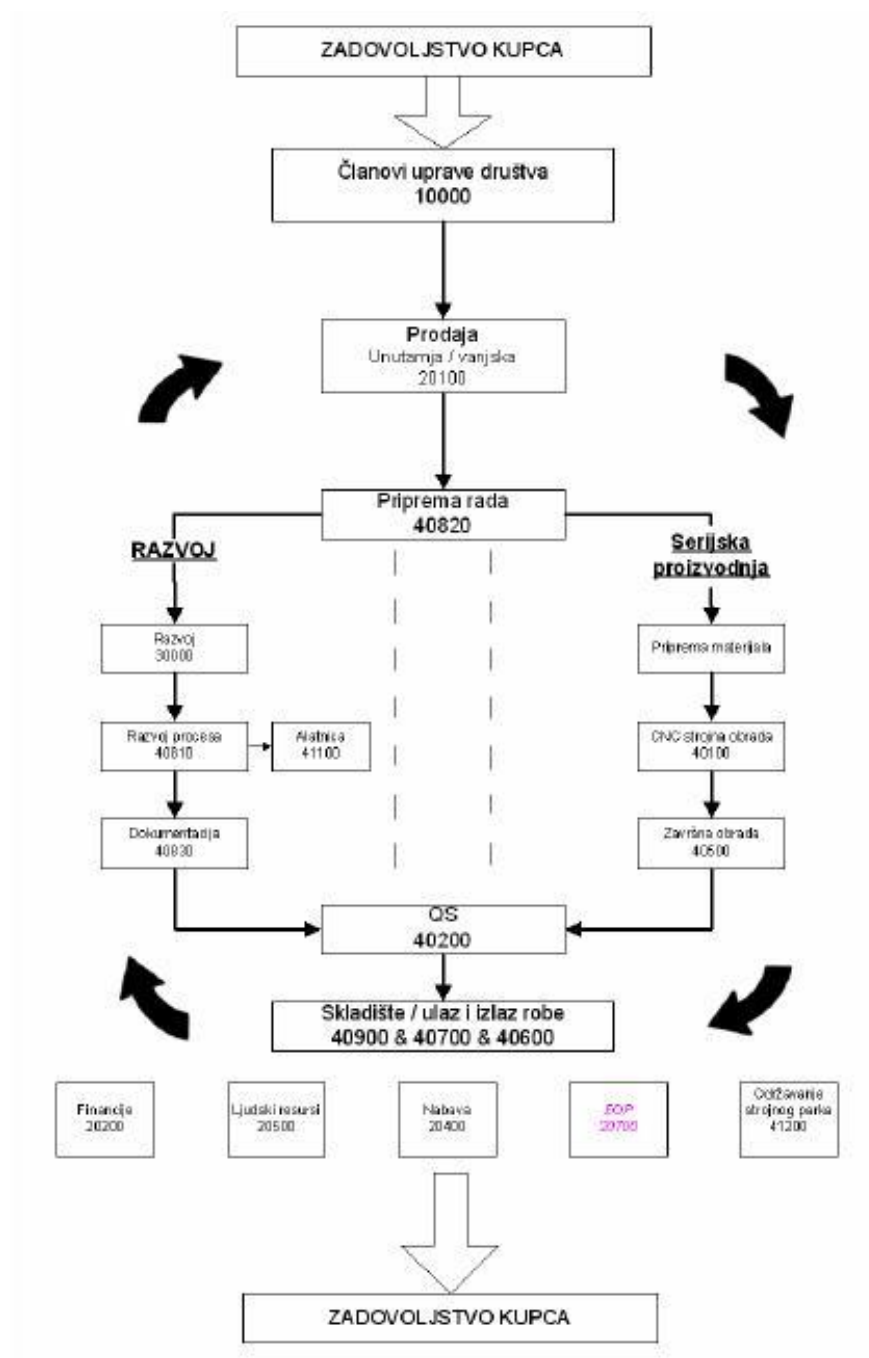
### 5.1 Strategija

Osnovna i dugoročna politika tvrtke Zrinski tehnologija d.o.o. je konstantno praćenje i unapređenje kvalitete poslovanja, proizvoda i usluga, te stvaranje konkurentskog ugleda na tržištu.

Načela na kojima se temelji politika kvalitete tvrtke su:

- Središte poslovanja tvrtke je kupac
- Samo zadovoljni i motivirani djelatnici proizvode kvalitetne proizvode
- Postavljaju se standardi koji će drugima biti izazov
- Gospodarski uspjeh osigurava budućnost
- Kvaliteta, sigurnost i zaštita okoliša su jednako važne smjernice u postizanju uspješnosti tvrtke
- Za provođenje mjera upravljanja kvalitetom kao i procesa konstantnog unapređenja osiguravaju se potrebna sredstva i zapošljavaju kvalificirani djelatnici.
- Zadatak svakog djelatnika je provedba politike kvalitete kao i provedba svih dokumentiranih postupaka koji iz nje proizlaze

## 5.2. Sustav upravljanja



Slika 11. Sustav upravljanja

Iz sheme sustava upravljanja važno je uočiti Osiguranje kvalitete ( kratica QS ) koja je zadnja stepenica prije skladištenja i u nju ulaze svi procesi koji se tiču proizvodnje i dokumentacije pošto je interakcija proizvodnje i Osiguranja kvalitete bitan faktor da bi procesi tekli nesmetano i sa što manje nesukladnih dijelova. Na taj način se pokušava svaka radnja ili proces dokumentirati i standardizirati na način da izrade radne upute koje su jedinstvene, a proizašle su iz praćenja proizvodnje i kontrole kvalitete.

## **6. ORGANIZACIJA UNUTAR LABORATORIJ ZA MJERENJE I KONTROLU**

Laboratorij za mjerenje i kontrolu tvrtke Zrinski tehnologija d.o.o. ima organizaciju i sve tehničke zahtjeve postavljene prema normi ISO 17 025 te u svrhu osiguranja kvalitete rezultata sustavno provodi niz aktivnosti od organizacije rada, izobrazbe osoblja, osiguranja uvjeta prostora, kontrole svih faza ispitivanja do postupanja s mjernom opremom. Pošto je tema ovog rada umjeravanje mjerne i ispitne opreme, u nastavku rada više pažnje biti će posvećeno toj djelatnosti Laboratorija.

### **6.1 Nabava mjerne i ispitne opreme**

Proces osiguranja kvalitete kreće od nabave opreme [8] koja je potrebna da bi se proces mjerenja uopće mogao provesti. O mjernoj opremi uvelike ovisi kvaliteta rezultata pa je to važan čimbenik koji treba uzeti u obzir kod procesa nabave mjerne opreme. Za nabavu mjerene opreme postoji plan nabave, a izrađuje se prema planu uvođenja novih pozicija, novih mjernih metoda, analize postojeće opreme, analize preventivnih radnji ili u slučaju kad neki od mjernih uređaja više ne zadovoljava kriterije. Plan nabave kreira se prema ponudama proizvođača opreme te prema financijskom kriteriju. Odabir odgovarajućeg ponuđača najviše ovisi o udovoljavanju uređaja traženim specifikacijama. Cilj i svrha izrade plana nabave je eliminirati početnu mogućnost odstupanja kupljene mjerne opreme od zadanih ili željenih karakteristika čime se odmah smanjuje i mogućnost poje pogreške kod mjerenja.

Kod svake nabave mjerne opreme, provjerava se da li postoji specifikacija proizvođača te umjernica, te ukoliko ona ne postoji takvo mjerno sredstvo ili uređaj provjeravaju se internim umjeravanjem ili se daju na provjeru u ovlaštenu laboratorij za umjeravanje.

## 6.2 Označavanje i evidencija opreme

Svako novo mjerno sredstvo ili uređaj dobivaju svoj jedinstveni interni broj koji se sastoji od slova koja označavaju vrstu, te četiri znamenke koje označavaju redni broj. Takva oznaka ugravirana je na mjerno sredstvo i na kutiju u kojoj je skladišteno kada nije u upotrebi. Procesu graviranja na samom sredstvu se pristupilo nakon loših iskustava sa naljepnicama i upisivanje brojeva markerom pri čemu se često događalo da se brojevi izbrišu ili budu odlijepljeni, posebno kod mjernih sredstva koja se koriste direktno u proizvodnji.

Za svako mjerno sredstvo nakon što dobije svoj unificirani broj, u bazu mjernih sredstva upisuje se radno mjesto na kojem se nalazi te ime i prezime osobe koja ga zadužuje i odgovara za njegovu funkcionalnost. Zajedno sa tim podacima upisuje se i datum prvog umjeravanja, ime i prezime mjeritelja, te se podaci o umjeravanju dokumentiraju i čuvaju sve dok mjerno sredstvo ne bude otpisano kao nesukladno.

Za dokumentiranje podataka o mjernim sredstvima koristi se softverski paket Gewatec koji će biti opisan i objašnjen ukratko u poglavlju 6.2.1 dok se evidencija o umjeravanju opreme upisuje direktno u evidencijski list koji se sastoji od radnog postupak i radne upute za umjeravanje pojedinog mjernog sredstva.

Pošto se umjeravanja provode prema unaprijed određenim intervalima 6,12 ili 24 mjeseca, za svaki interval postoje posebne markice koje su određene bojom, mjesecom i godinom kad je umjeravanje provedeno što za svrhu ima lakše uočavanje da li je neko sredstvo mjerodavno ili mu je validacija umjeravanja istekla te se na taj način pokušava izbjeći mogućnost mjerenja opremom kojoj je istekao interval umjeravanja.

### 6.2.1 Softverski paket Gewatec

Ovaj softverski paket ima vrlo veliki značaj u vođenju evidencije mjernih sredstava unutar laboratorija ukoliko se radi o velikom broju istih. U laboratoriju za mjerenje i kontrolu tvrtke Zrinski tehnologija broj mjernih i ispitnih sredstava nešto je malo iznad 400 raspoređenih na 28 radnih mjesta, pa je vođenje brige o datumima umjeravanja te smještaju pojedinog vrlo komplicirana. Ovakav sustav evidencije u tom slučaju jako olakšava posao jer se u njegovoj bazi nalazi sva mjerna oprema koja je ušla u tvrtku. Podaci koji se stavljaju u bazu Gewatec a važni su za vođenje evidencije mjerne opreme su sljedeći:

- datum ulaska opreme u tvrtku, odgovorna osoba za preuzimanje i odobravanje valjanosti nove opreme
- evidencijski broj pojedinog mjerila, naziv proizvođač, mjerno područje, tolerancijsko područje, datum prvog umjeravanja i tko ga je proveo
- smještaj pojedine opreme prema sektoru tvrtke te prema pojedinim radnim grupama
- eventualna oštećenja koja su bila na mjerilu ukoliko su otklonjena
- rezultati zadnjeg umjeravanja i tko ga je proveo
- interval nakon kojeg dolazi do sljedećeg umjeravanja i provjere opreme

Uz to važno je napomenuti da postoji mogućnost automatskog upozorenja kada dolazi vrijeme za ponovno umjeravanje/provjeru mjerne opreme u intervalu koji je zadan te se na taj način mogućnost neispravnog mjernog sredstva ili opreme svodi na minimum.

### 6.3 Rukovanje mjernom opremom

Rukovanje opremom jedan je od nužnih uvjeta da bi rezultata mjerenja bio ispravan. Zbog toga laboratorij za svaki uređaj posjeduje upute o pravilnom rukovanju mjerne i ispitne opreme, koji je izrađen od strane kvalificiranih osoba, a ujedno se te upute nadopunjuju i održavanju prema potrebi proizvodnje i laboratorija.

Rukovanje opremom smije samo kompetentno osoblje koje je kvalificirano ili obučeno preko internih programa izobrazbe, ili u slučaju specijalne ili kompliciranije opreme moguća je eksterna izobrazba. O svakom programu izobrazbe, te o osposobljenosti vode se zapisi za koje je odgovoran voditelj laboratorija.

### 6.4 Održavanje opreme

U postupak rukovanja opremom upisano je i održavanja opreme te potrebne radnje prije samog korištenja opreme koje su korisnici opreme dužni odraditi prije mjerenja. U takve preventivne mjere održavanja i inspekcije spadaju sljedeće radnje, a obavezne su za mjerna sredstva koja se nalaze direktno u proizvodnji:

- vizualna inspekcija mjernog sredstva prema mogućim oštećenjima
- funkcionalnost ( zbog blizine emulzije moguće prolijevanje po uređaju/sredstvu )
- čiste mjerne površine ( mogućnost lijepljena strugotine na površinu )
- vidljivost rezultata na ekranu
- provjera markice valjanosti umjeravanja

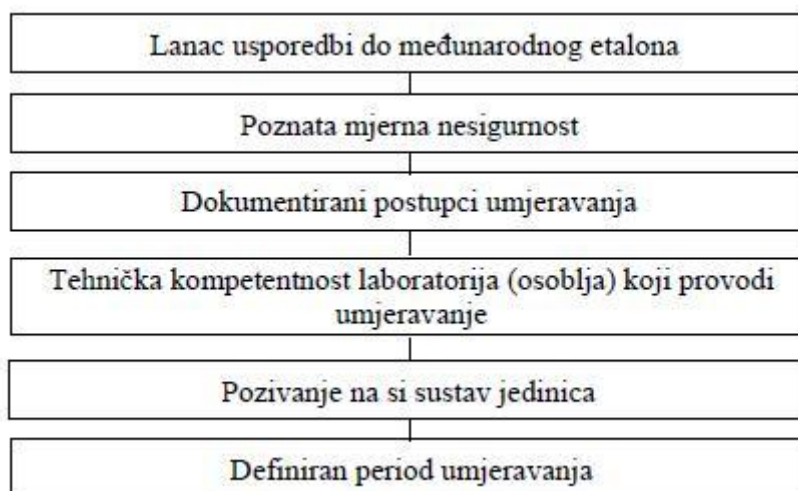
Zbog ekstremnih uvjeta korištenja mjernih uređaja u proizvodnji, ove radnje su nužno potrebne neposredno prije korištenja mjerne opreme.



## 6.5. Osiguranje sljedivosti

Svaki uređaj koji ima utjecaj na rezultat ispitivanja mora biti umjeren uz osiguranje neprekinutog lanca sljedivosti do primarnih etalona SI jedinica. Svrha zahtijevanja sljedivosti jest osiguranje da rezultati mjerenja budu točna reprezentacija određene mjerne veličine, unutar iskazane mjerne nesigurnosti.

Sljedivost karakterizira 6 bitnih elemenata prema [8] prikazanih slikom 14.



Slika 14. Elementi sljedivosti

U praksi laboratorija za mjerenje i kontrolu tvrtke Zrinski tehnologija d.o.o. sljedivost se osigurava vajskim umjeravanjem u akreditiranom laboratoriju (LFSB), internim umjeravanjem i pregledom opreme. Umjeravanje referentnih etalona provodi se jednom godišnje u akreditiranom laboratoriju.

## **7. PRIJEDLOG PROTOKOLA I RADNIH UPUTA ZA UMJERAVANJE**

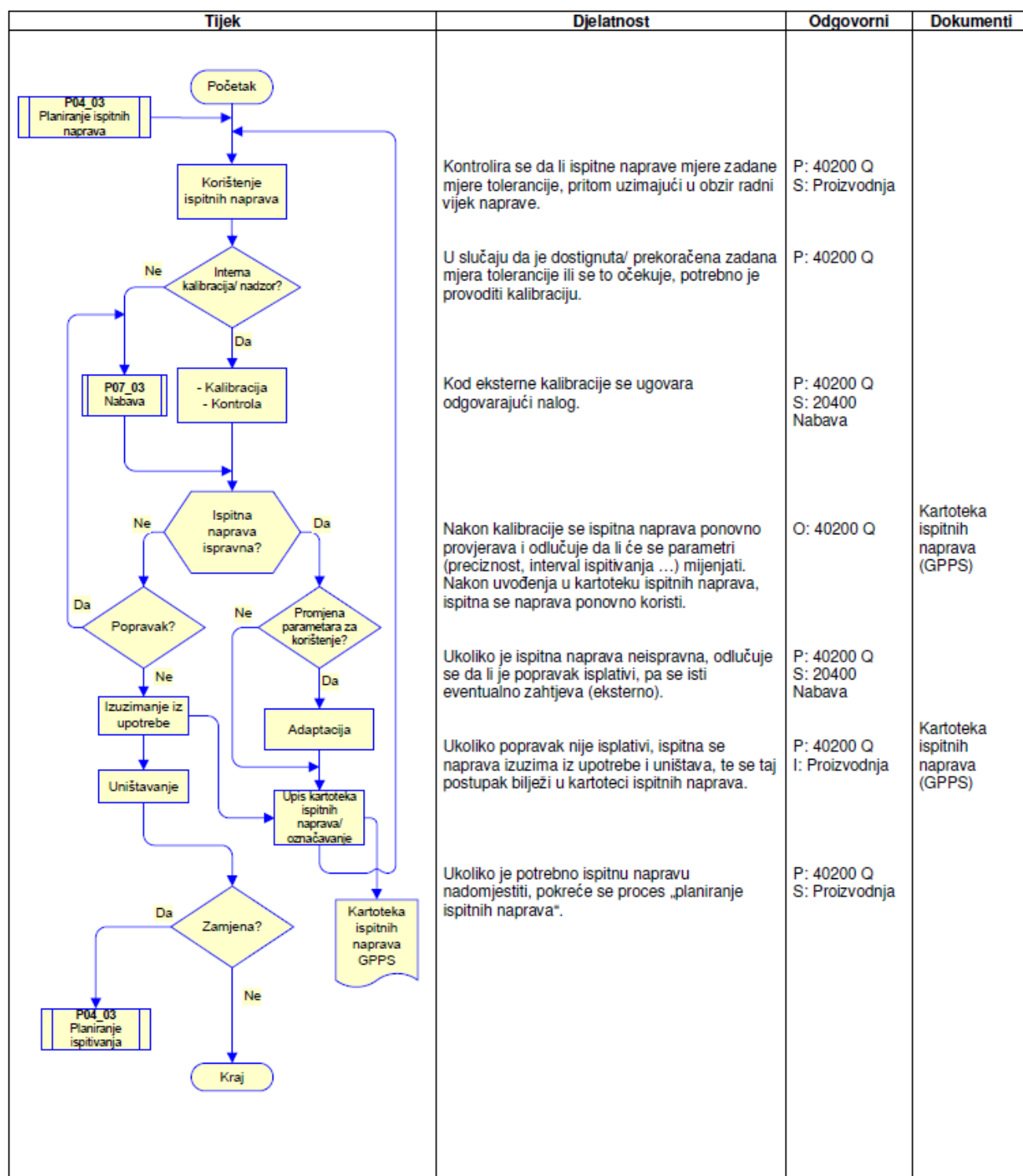
### **7.1. Proces provjere mjerne opreme unutar laboratorija**

Zbog velikog broja mjerne opreme laboratorij je odlučio sam provoditi interna umjeravanja vlastite opreme s ciljem smanje troškova umjeravanja kod vanjski umjernih laboratorija a ponajviše zbog vremena potrebnog da se pojedino sredstvo umjeri. Kod slanja mjerne opreme na umjeravanja vanjskim umjernim laboratorijima interval izbivanja opreme bio je između 3-10 dana što nije bilo prihvatljivo pa se prešlo na interno umjeravanje koje traje puno kraće.

Da bi laboratorij samostalno mogao provoditi interna umjeravanja mora zadovoljavati uvjete norme ISO 17 025 u pogledu organizacije laboratorija te provoditi umjeravanja prema propisanim normama za umjeravanje za pojedino mjerno sredstvo.

U tablici 2. dani je blok dijagram koji prikazuje tijek kontrole mjernih sredstva unutar tvrtke.

Tablica 2. Nadzor ispitne opreme



## 7.2. Izrada uputa za umjeravanje

Da bi laboratorij pravilno provodio mjerenja, mjeritelj koji dolazi u kontakt sa mjernom opremom za umjeravanje mora biti dobro upućen u proces umjeravanja kao i u funkcije mjerne opreme. Da bi mjerenje bilo neovisno o mjeritelju ( faktor koji je kod mjerenja utjecajan na rezultat mjerenja ) i unificirano za svakog mjeritelja, izrađene su upute za umjeravanje sa kojima se mjeritelj obavezno mora upoznati prije početka umjeravanja mjerne opreme. Upute su izrađene prema zahtjevima sljedećih normi:

- DIN 862 [5] - Specifikacije i tehnički zahtjevi pomičnih mjerila za proizvođače
- VDI/VDE/DGO 2618 / 9.1 [9] - Upute za umjeravanje pomičnih mjerila
- DIN 863-1 [6] - Specifikacije i tehnički zahtjevi mikrometara za proizvođače
- DIN 863-2 [6] - Upute, zahtjevi i umjeravanje mikrometara
- VDI/VDE/DGO 2618 / 10.1 [10] - Upute za umjeravanje mikrometara
- DIN 878 [7] – Specifikacije i tehnički zahtjevi mjernih ura
- VDI/VDE/DGO 2618 / 11.1 [11] - Upute za umjeravanje mjerne ure

Svaka uputa jasno daje opis mjernog sredstva sa svim bitnim dijelovima, nadalje daje popis referentnih etalona koje je potrebno koristiti, opisuje kako iskazati mjernu nesigirnost kod umjeravanja te koji uvjeti okoline moraju biti zadovoljeni da bi umjeravanje bilo pravovaljano.

### 7.3 Izrada radnih podloga za umjeravanje

Radne podloge izrađene su prema radnim uputama [9] [10] [11] i kao takve prate koncepciju radnih uputa za umjeravanje a istovremeno zadovoljavaju norme navedene kao referentne kod izrade uputa za umjeravanje.

Radne podloge za svrhu imaju isključivo upisivanje rezultata mjerenja koji su dobiveni mjerenje prema radnoj uputi za zadano mjerno sredstvo.

Kod svake radne podloge najvažnije je navesti podatke koji su ključni za informaciju o dotičnom mjerilu, da svi upisani podaci budu čitljivi i da nema dvosmislenosti kod navođenja informacija o stanju opreme i uvjetima u kojima je umjeravanje provedeno.

Radna podloga postaje pravovaljana i mjerodavna u onom trenutku kada mjeritelj stavi svoj potpis te datum umjeravanja. Radne podloge koje su neispunjene u zadanim poljima ili nemaju potpis ne smiju biti uzeti kao valjane.

Mjerenja koja se provode od strane mjeritelja a da on nije istodobno i voditelj laboratorija, moraju biti odobrena i od strane odgovorne osobe u laboratoriju.

## 8. ZAKLJUČAK

U okviru ovog rada razrađena je i realizirana metoda provođenja umjeravanja mjernih sredstava i instrumenata unutar laboratorija jedne tvrtke u vlastite svrhe a s ciljem što kvalitetnijeg i bržeg umjeravanja iz razloga da ne bi dolazilo do zastoja proizvodnje ukoliko bi se ta ista mjerna oprema umjerava kod vanjskog umjernog laboratorija. Sve metode i prijedlozi navedeni u ovom radu, a vezani za spomenuta mjerna sredstva mogu se primijeniti kod umjeravanja u svim internim laboratorijima koji se nalaze u sklopu proizvodnje a koji zadovoljavaju uvjete norme HRN ISO 17 025. Nadalje sve navedeni metode i radne podloge te upute mogu se koristiti za više varijanti navedene mjerne opreme ukoliko se pravilno dopune u skladu sa zadanim normama.

Svrha izrade uputa te radnih podloga za umjeravanje mjerne opreme za primarni cilj ima unificiranje svakog postupka koji se obavlja sa ili na mjernoj opremi te se time pokušava smanjiti pojava slučajnih pogrešaka kod mjerenja ili umjeravanja. Svaki ispitni ili mjeriteljski laboratorij teži da oprema koju koristi bude mjerodavna te sukladno tome mora provoditi radnje koje su propisane normama ili odgovarajućim dokumentima.

Nadalje upute i radne podloge za umjeravanje svoju svrhu nalaze u eliminaciji mogućeg utjecaja mjeritelja ili postupka mjerenja na rezultat mjerenja. Time se štoviše uvelike pridonosi točnijem i preciznijem određivanju dimenzije koju mjerimo.

## 9. LITERATURA

- [1] Petković D.: Odabrana poglavlja iz upravljanja kvalitetom, Zenica, 2010.
- [2] Metrologija ukratko, DZM, Zagreb, 1999.
- [3] ISS: Mjerenje i kontrola u alatničarstvu, Zagreb, 2001.
- [4] EA-4/02 Izražavanje mjerne nesigurnosti pri umjeravanju, DZM, Zagreb, 2008.
- [5] DIN 862 Teil 1 - Messschieber, 1981.
- [6] DIN 863 Messschrauben, Bübelmessschrauben, Tiefenmessschrauben, 1981.
- [7] DIN 878 Messuhren, 1983.
- [8] IGH: Uloga mjerne opreme u osiguranju kvalitete rada laboratorija
- [9] VDI/VDE/DGO 2618 / 9.1 - Prüfmittelüberwachung - Prüfanweisung für Messschieber für Außen-, Innen- und Tiefenmaße, 2006.
- [10] VDI/VDE/DGO 2618 / 10.1 - Prüfmittelüberwachung - Prüfanweisung für Bügelmessschrauben, 2001.
- [11] VDI/VDE/DGO 2618 / 11.1 - Prüfmittelüberwachung - Prüfanweisung für Messuhren, 2001.
- [12] HRN ISO/IEC 17025 – Opći zahtjevi za mjerodavnost ispitnih i mjeriteljskih laboratorija, Zagreb, 2000.

## **10. DODATAK**

*Privitak 1. Upute za umjeravanje pomičnog mjerila*



# UPUTE ZA UMJERAVANJE POMIČNOG MJERILA



---

Dokument br.:

Datum:

Odobrio:

## UPUTE ZA UMJERAVANJE POMIČNOG MJERILA

IZRADIO: \_\_\_\_\_

PROVJERIO: \_\_\_\_\_

ODOBRIO: \_\_\_\_\_

# UPUTE ZA UMJERAVANJE POMIČNOG MJERILA



---

Dokument br.:

Datum:

Odobrio:

Točka poglavlja	Naslov
1	Opis
2	Područje primjene
3	Norme i referentni dokumenti
4	Nazivlje
5	Korištena mjerna sredstva i oprema
6	Prethodna kontrola mjerne opreme
7	Provođenje umjeravanja
8	Proračun za iskazivanje mjerne nesigurnosti

Dokument br.:

Datum:

Odobrio:

## 1 OPIS

Ovaj protokol sadrži upute za pravilno provođenje umjeravanja pomičnih mjerila te dubinomjera prema normi DIN 682, VDI/VDE/DGQ 2618 - 9.1 te vođenje dokumentacije mjerenja prema istoj.

## 2 PODRUČJE PRIMJENE

Pomična mjerila služe za mjerenje vanjskih i unutarnjih dimenzija, kao i dubine. Ovaj dokument vrijedi za pomična mjerila tipa A (klasificirano prema DIN 682) sa digitalnim prikazom rezultata mjerenja, i to mjernog područja od 0-150mm te mjernog područja 0-300mm.

2.1 Ovaj dokument je namijenjen ispitivanju pomičnih mjerila za vanjska i unutarnja mjerenja tipa A klasificirano prema DIN 682, i to mjernog područja od 0-300mm.

2.2 Ovaj postupak za umjeravanje važeći je za pomična mjerila sa konvencionalnom mjernom skalom i pomična mjerila sa digitalnim prikazom

## 3 NORME I REFERENTNI DOKUMENTI

Kod primjene ovog postupka potrebno je koristiti sljedeće dokumente:

3.1 VDI/VDE/DGQ 2618 - 9.1 (2001): Prüfanweisung für Messschieber.

3.2 DIN 862, Teil 1 (1981): Messschieber

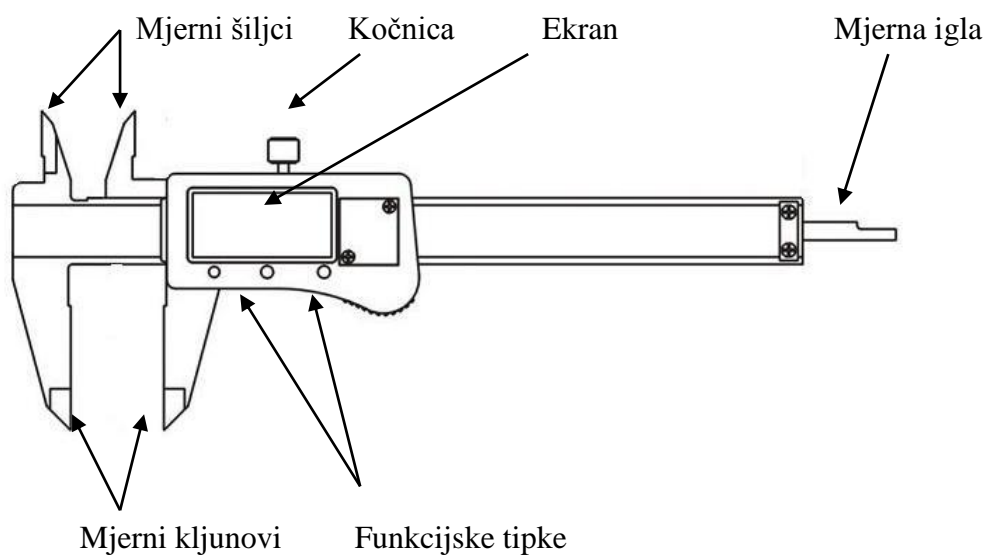
Dokument br.:

Datum:

Odobrio:

## 4 NAZIVLJE

Nazivlje koje se spominje u ovom dokumentu a vezano je za sastavne dijelove pomičnog mjerila prikazano je na slici 1.



Slika 1. Osnovni dijelovi pomičnog mjerila

Dokument br.:

Datum:

Odobrio:

## **5 KORIŠTENA MJERNA SREDSTVA I OPREMA**

Kod umjeravanja pomičnih mjerila tipa A, mjernog područja 0-300mm koriste se referentni etaloni klase tolerancije 1

Set planparalelnih graničnih mjerki (ISO 3650) Mitutoyo; oznaka KS-01 , 3-dijelni set koji se sastoji od :

- Planparalelne granične mjerke dimenzije  $L=30,00\text{mm}$ , serijskog broja PGM-01
- Planparalelne granične mjerke dimenzije  $L=41,30\text{mm}$ , serijskog broja PGM-02
- Planparalelne granične mjerke dimenzije  $L=131,40\text{mm}$ , serijskog broja PGM-03

Set kontrolnih prstena (ISO 3650) Mitutoyo; KS-02, 2-dijelni set koji se sastoji od:

- Kontrolnog prstena  $D=4,00\text{mm}$ , serijskog broja KP-01
- Kontrolnog prstena  $D=25,00\text{mm}$ , serijskog broja KP-02

**NAPOMENA:** Kod provjere mjerne opreme i mjernih sredstva potrebno je provjeriti valjanost certifikata.

Dokument br.:

Datum:

Odobrio:

## 6 PRETHODNA KONTROLA MJERNE OPREME

Prije same provedbe mjerenja potrebo je provesti ispitne radnje na mjernoj opremi, a koje se tiču funkcionalnosti te vizualne kontrole opreme. Preventivna kontrola mjerne opreme obuhvaća sljedeće radnje:

- 6.1 Vizualna kontrola mjernih površina koja obuhvaća koroziju, oštećenja te nečistoće. Ukoliko je uočena jedna ili više nepravilnosti, iste ukloniti čišćenjem ili doradom na mjernim površinama. Ukoliko su na mjernoj opremi napravljene korektivne radnje potrebo je provjeriti da li mjerna oprema i dalje zadovoljava specifikacije proizvođača prema DIN 862 za pomična mjerila
- 6.2 Kontrola digitalnog prikaza provodi se na način da se pomično mjerilo namjesti na poziciju kada pokazuje sve "8" ili "0" te nakon toga na mjesto gdje pokazuje sve "2"
- 6.3 Kontrola kliznih staza od oštećenja, nečistoća i potrošenosti provodi se na način da se pomično mjerilo lagano pomiče od početne do krajnje vrijednosti pri čemu klizanje mora biti lagano i bez zapinjanja
- 6.4 Ispravno funkcioniranje kočnice odnosi se na provjeru navoja koji služi za funkcioniranje kočnice te njezina dovoljna sila da se izmjereni rezultat može fiksirati pri daljnjem korištenju pomičnog mjerila
- 6.5 Pravilna funkcionalnost tipki odnosi se na provjeru tipke "reset" nuliranja pomičnog mjerila te na tipku "on/off" isključivanja i uključivanja pomičnog mjerila. Važno je uočiti da tipke nisu oštećene ili da zaglavljaju kod korištenja.
- 6.6 Provjera napajanja, baterije, odnosi se na uočljivost prikaza ekrana te eventualne pojave oznake " B " u gornjem desnom dijelu ekrana što označava istrošenost baterije. Baterija bi trebala biti izmijenjena barem svaka tri mjeseca ili češće ukoliko je to potrebno.
- 6.7 Temperiranje mjerne i ispitne opreme barem 5 sati na temperaturu  $20\pm 1^{\circ}$

NAPOMENA: Rezultati mjerenja upisuju se u Radnu podlogu za umjeravanje pomičnog mjerila, točka 6.

Dokument br.:

Datum:

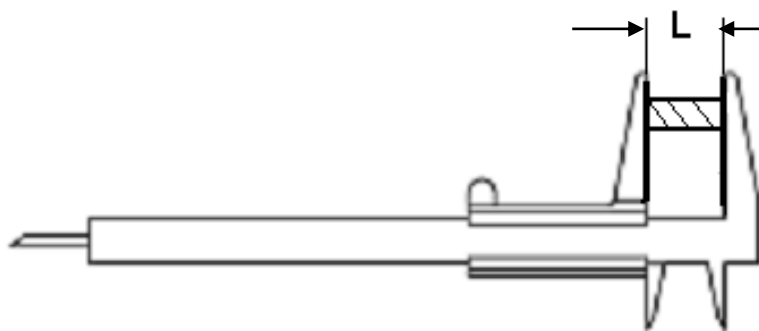
Odobrio:

## 7 PROVOĐENJE UMJERAVANJA

Model umjeravanja napravljen je prema dokumentu VDI/VDE/DGQ 2618 - 9.1 ( istovjetno sa normom DIN 682 ) i kao takav je važeći za pomična mjerila tipa A prema normi DIN 862, mjernog područja 0-300mm.

### 7.1 Određivanje mjerne pogreške za vanjska mjerenja

Provođenje mjerenja te određivanje mjerne pogreške provodi se primjenom seta planparalelnih graničnih mjerki KS-01 iz točke 5 i to prema slici 3.



Slika 2. Određivanje mjerne pogreške kod mjerenja kljunovima

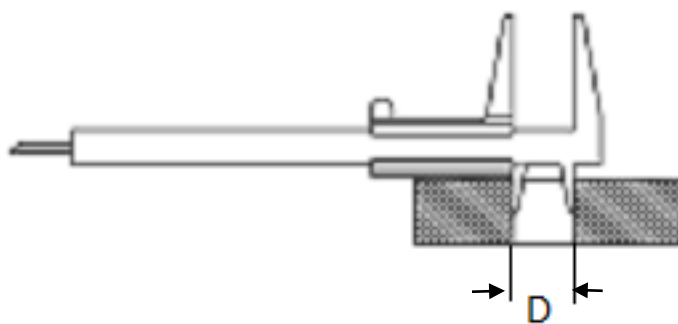
Dokument br.:

Datum:

Odobrio:

## 7.2 Određivanje mjerne pogreške za unutarnja mjerenja

Provođenje mjerenja te određivanje mjerne pogreške provodi se primjenom seta kontrolnih prstena KS-02 iz točke 5 i to prema slici 3.



Slika 3. Određivanje mjerne pogreške kod mjerenja šiljcima

## 7.3 Određivanje neparalelnosti mjernih površina

### 7.3.1 Provjera paralelnosti mjernih površina za unutarnja mjerenja

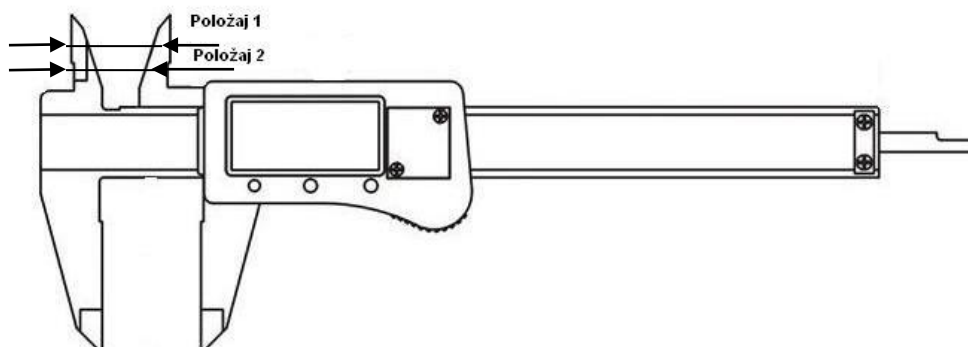
Provjera paralelnosti mjernih površina za unutarnja mjerenja provodi se mjerenjem promjera kontrolnog prstena  $D=25\text{mm}$ , oznake KP-02. Mjerenje se provodi na dva mjesta uzduž mjernih površina za unutarnja mjerenja kao što je prikazano na slici 4.



Dokument br.:

Datum:

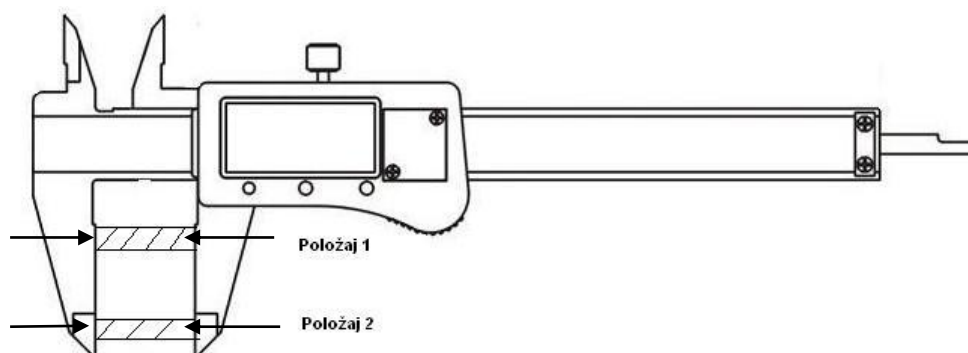
Odobrio:



Slika 4. Mjerenje paralelnosti površina za unutarnja mjerenja

### 7.3.2 Provjera paralelnosti mjernih površina za vanjska mjerenja

Provjera paralelnosti mjernih površina za vanjska mjerenja provodi se mjerenjem udaljenosti mjernih površina na vrhu te u korijenu mjernih kljunova primjenom plaparelelne granične mjerke  $L=30,00\text{mm}$ , oznake PGM-01, i to kao na slici 5.



Slika 5. Mjerenje paralelnosti površina za vanjska mjerenja

Dokument br.:

Datum:

Odobrio:

## 8 PRORAČUN ZA ISKAZIVANJE MJERNE NESIGURNOSTI

### 8.1 Matematički model mjerenja:

$$E_x = l_{ix} - l_s + \delta l_{ix} + \delta l_m + \delta l_0 + L_s \cdot \bar{\alpha} \cdot \Delta t$$

gdje su:

$l_{ix}$  - očitavanje pomičnog mjerila

$l_s$  - duljina etalona

$\bar{\alpha}$  - prosječni koeficijent toplinskog širenja mikrometra i etalona

$\Delta t$  - razlika temperatura pomičnog mjerila i etalona

$\delta l_{ix}$  - korekcija zbog procijene očitavanja na skali mikrometra

$\delta l_m$  - korekcija zbog mehaničkih utjecaja

$\delta l_0$  - korekcija zbog postavljanja na nulu

$L_s$  - nominalna duljina etalona

# UPUTE ZA UMJERAVANJE POMIČNOG MJERILA

Dokument br.:

Datum:

Odobrio:

## 8.2 Sastavnice standardne nesigurnosti

U Tablici 1. dane su sastavnice standardne nesigurnosti za postupak umjeravanja pomičnog mjerila rezolucije 0,01mm

Tablica 1. Sastavnice standardne nesigurnosti kod umjeravanja mikrometra za vanjska mjerenja rezolucije 0,01mm

Sastavnica standardne mjerne nesigurnosti	Izvor nesigurnosti	Procjena	Iznos standardne nesigurnosti	Koeficijent osjetljivosti $c_i$	Razdioba	Doprinos mjernoj nesigurnosti, $\mu\text{m}$ , $L$ u $m$
$u(l_{ix})$	Pokazivanje mjerila	150,00	-	-	-	-
$u(L_{ref})$	Duljina etalona	150,00	0,46 $\mu\text{m}$	-1	Normalna	-0,46
$u(\Delta t)$	Razlika temperatura	0	0,173 $^{\circ}\text{C}$	$L_s \cdot \bar{\alpha}$	Pravokutna	0,173·11,5 $L_s$
$u(\delta l_{ix})$	Očitanje skale	0,01	0,578 $\mu\text{m}$	1	Pravokutna	0,578
$u(\delta l_m)$	Mehanički utjecaji	0	0,578+1,73 $L$ $\mu\text{m}$	1	Pravokutna	0,578+1,73 $L$
$u(l_0)$	Postavljanje na nulu	0,01	0,578 $\mu\text{m}$	1	Pravokutna	0,578
Sastavljena mjerna nesigurnost $u_c$ : $u_c=(0,9+2,0L) \mu\text{m}$ , $L$ u $m$						
Linearizirana proširena mjerna nesigurnost $U$ , $k=2$ , $P=95\%$ : $U = (1,8+4,0L) \mu\text{m}$ , $L$ u $m$						

---

Dokument br.:

Datum:

Odobrio:

## 8.3 Proširena mjerna nesigurnost

$$U = (1,8+4,0L) \mu\text{m}, L \text{ u m}; k=2, P=95\%$$

*Privitak 2. Radna podloga za umjeravanje pomičnog mjerila*

**ODREĐIVANJE MJERNE POGREŠKE**

7.1 ODREĐIVANJE MJERNE POGREŠKE ZA VANJSKA MJERENJA		
Referentna vrijednost $L$ u mm	Odstupanje $\mu\text{m}$	Dopušteno odstupanje $\mu\text{m}$
30,00		
41,30		
131,40		
Mjerna nesigurnost, $U = \mu\text{m}$		

7.2 ODREĐIVANJE MJERNE POGREŠKE ZA UNUTARNJA MJERENJA					
Referentna vrijednost $D$ u mm	Odstupanje $\mu\text{m}$			$f_{\text{max}}$ $\mu\text{m}$	
	1	2	Srednja vrijednost	Izmjereno	Dopušteno odstupanje
4,00					
25,00					
Mjerna nesigurnost, $U = \mu\text{m}$					

# RADNA PODLOGA ZA UMJERAVANJE POMIČNOG MJERILA



7.3 ODREĐIVANJE NEPARALELNOSTI			
Referentna vrijednost <i>L, D</i> u mm	Odstupanje $\mu\text{m}$		
	Položaj 1	Položaj 2	Dopušteno odstupanje
<b>L=30,00</b>			
<b>D=25,00</b>			
Mjerna nesigurnost, $U = \mu\text{m}$			

Mjerenje proveo: \_\_\_\_\_

Datum: \_\_\_\_\_

Datum sljedećeg umjeravanja ( interval 6mj.): \_\_\_\_\_

Mjerna proveo: \_\_\_\_\_  
odobrio: \_\_\_\_\_

Mjerenja

$U$  \_\_\_\_\_, datum \_\_\_\_\_

*Privitak 3. Upute za umjeravanje mikometra*



# **UPUTE ZA UMJERAVANJE MIKROMETRA ZA VANJSKA MJERENJA**



---

Dokument br.:

Datum:

Odobrio:

## **UPUTE ZA UMJERAVANJE MIKROMETRA ZA VANJSKA MJERENJA**

IZRADIO: \_\_\_\_\_

PROVJERIO: \_\_\_\_\_

ODOBRIO: \_\_\_\_\_

Trnovec Bartolovečki, svibanj 2012.

# UPUTE ZA UMJERAVANJE MIKROMETRA ZA VANJSKA MJERENJA



---

Dokument br.:

Datum:

Odobrio:

<u>Točka poglavlja</u>	<u>Naslov</u>
1	Opis
2	Područje primjene
3	Norme i referentni dokumenti
4	Nazivlje
5	Korištena mjerna sredstva i oprema
6	Prethodna kontrola mjerne opreme
7	Provođenje umjeravanja
8	Proračun za iskazivanje mjerne nesigurnosti

# UPUTE ZA UMJERAVANJE MIKROMETRA ZA VANJSKA MJERENJA

Dokument br.:

Datum:

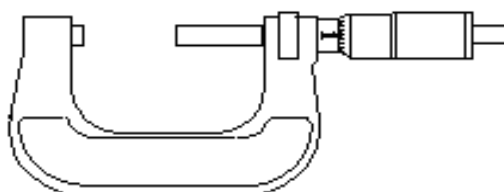
Odobrio:

## 1 OPIS

Ovaj protokol sadrži upute za pravilno provođenje umjeravanja digitalnih i analognih mikrometara prema normi DIN 683, VDI/VDE/DGQ 2618 - 10.1 te vođenje dokumentacije mjerenja prema istoj.

## 2 PODRUČJE PRIMJENE

- 2.1 Ovaj dokument je namijenjen ispitivanju mikrometara za vanjska mjerenja sa ravnim mjernim površinama (klasificirano prema DIN 683), i to mjernog područja od 0-25mm, 25-50mm te 50-75mm.
- 2.2 Ovaj postupak za umjeravanje važeći je za mikrometre sa konvencionalnom mjernom skalom i mikrometre sa digitalnim prikazom
- 2.3 Tipovi mikrometara za koje vrijedi i može se primijeniti ovaj postupak su sljedeći:
  - 2.3.1 Mikrometar za vanjska mjerenja sa ravnim mjernim površinama



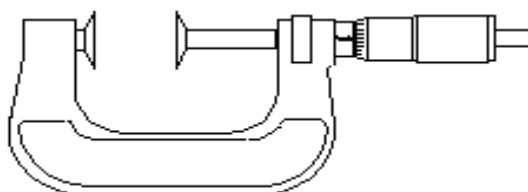
Slika 1. Mikrometar za vanjska mjerenja sa ravnim mjernim površinama

Dokument br.:

Datum:

Odobrio:

### 2.3.2 Mikrometar s tanjurićima



Slika 3. Mikrometar s tanjurićima

## 3 NORME I REFERENTNI DOKUMENTI

Kod primjene ovog postupka potrebno je koristiti sljedeće dokumente:

- 3.1 VDI/VDE/DGQ 2618 - 10.1 (2001): Prüfanweisung für Bügelmessschrauben.
- 3.2 DIN 863, Teil 1 (1981): Messschrauben, Bügelmessschrauben, Tiefenmessschrauben.
- 3.3 DIN 863, Teil 3 (1983): Messschrauben, Büblemessschrauben, Sonderausführungen.

# UPUTE ZA UMJERAVANJE MIKROMETRA ZA VANJSKA MJERENJA

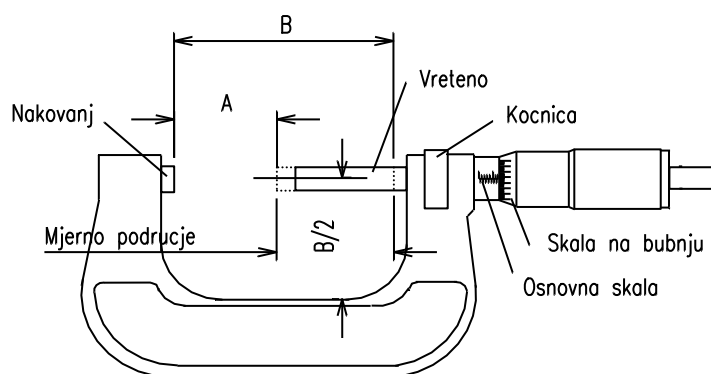
Dokument br.:

Datum:

Odobrio:

## 4 NAZIVLJE

Nazivlje koje se spominje u ovom dokumentu a vezano je za sastavne dijelove mikrometra za vanjska mjerenja prikazano je na slici 4.



Slika 6. Osnovni dijelovi mikrometra za vanjska mjerenja

# UPUTE ZA UMJERAVANJE MIKROMETRA ZA VANJSKA MJERENJA



---

Dokument br.:

Datum:

Odobrio:

## 5 KORIŠTENA MJERNA SREDSTVA I OPREMA

Kod umjeravanja mikrometara sa digitalnim prikazom i analognih mikrometara sa ravnim površinama za vanjska mjerenja, mjernog područja 0-25mm, 25-50mm te 50-75mm koriste se referentni etaloni klase tolerancije 1.

Set planparalelnih graničnih mjerki (ISO 3650) Mitutoyo; oznaka KS-02 , 9-dijelni set koji se sastoji od :

- Planparalelne granične mjerke dimenzije L=2,50mm, serijskog broja PGM-04
- Planparalelne granične mjerke dimenzije L=5,10mm, serijskog broja PGM-05
- Planparalelne granične mjerke dimenzije L=7,70mm, serijskog broja PGM-06
- Planparalelne granične mjerke dimenzije L=10,30mm, serijskog broja PGM-07
- Planparalelne granične mjerke dimenzije L=12,90mm, serijskog broja PGM-08
- Planparalelne granične mjerke dimenzije L=15,00mm, serijskog broja PGM-09
- Planparalelne granične mjerke dimenzije L=17,60mm, serijskog broja PGM-10
- Planparalelne granične mjerke dimenzije L=20,20mm, serijskog broja PGM-11
- Planparalelne granične mjerke dimenzije L=25,00mm, serijskog broja PGM-12
- Kontrolno staklo za mjerenje neravnosti mjernih površina Mitutoyo, serijskog broja S-02
- Stalak za mikrometar Garant, serijskog broja STM-01

NAPOMENA: Kod provjere mjerne opreme i mjernih sredstva potrebno je provjeriti valjanost certifikata.

# UPUTE ZA UMJERAVANJE MIKROMETRA ZA VANJSKA MJERENJA



Dokument br.:

Datum:

Odobrio:

## 6 PRETHODNA KONTROLA MJERNE OPREME

Prije same provedbe mjerenja potrebo je provesti ispitne radnje na mjernoj opremi, a koje se tiču funkcionalnosti te vizualne kontrole opreme. Preventivna kontrola mjerne opreme obuhvaća sljedeće radnje:

- 6.1 Vizualna kontrola mjernih površina koja obuhvaća koroziju, oštećenja te nečistoće. Ukoliko je uočena jedna ili više nepravilnosti, iste ukloniti čišćenjem ili doradom na mjernim površinama. Ukoliko su na mjernoj opremi napravljene korektivne radnje potrebo je provjeriti da li mjerna oprema i dalje zadovoljava specifikacije proizvođača prema DIN 863 za pomična mjerila
- 6.2 SAMO KOD DIGITALNOG UREĐAJA Kontrola digitalnog prikaza provodi se na način da se pomično mjerilo namjesti na poziciju kada pokazuje sve "8" ili "0" te nakon toga na mjesto gdje pokazuje sve "2"
- 6.3 SAMO KOD ANALOGNOG UREĐAJA Kontrolu mjernih skala na glavnom vretenu i bubnju provesti na način da se mikrometar postavi u maksimalni položaj gdje su sve linije glavnog vretena vidljive, te se kontrolira vidljivost i debljina pojedine linije.
- 6.4 Kontrola navojnog vretena od oštećenja, nečistoća i potrošenosti provodi se na način da se mikrometar lagano pomiče od početne do krajnje vrijednosti pri čemu pomicanje mora biti lagano i bez zapinjanja
- 6.5 Ispravno funkcioniranje kočnice odnosi se na provjeru navoja koji služi za funkcioniranje kočnice te njezina dovoljna sila da se izmjereni rezultat može fiksirati pri daljnjem korištenju mikrometra
- 6.6 SAMO KOD DIGITALNOG UREĐAJA Pravilna funkcionalnost tipki odnosi se na provjeru tipke "reset" nuliranja pomičnog mjerila te na tipku "on/off" isključivanja i uključivanja pomičnog mjerila. Važno je uočiti da tipke nisu oštećene ili da zaglavljuju kod korištenja.
- 6.7 SAMO KOD DIGITALNOG UREĐAJA Provjera napajanja, baterije, odnosi se na uočljivost prikaza ekrana te eventualne pojave oznake " B " u gornjem desnom dijelu ekrana što označava istrošenost baterije. Baterija bi trebala biti izmijenjena barem svaka tri mjeseca ili češće ukoliko je to potrebno.
- 6.8 Temperiranje mjerne i ispitne opreme barem 5 sati na temperaturu  $20 \pm 1^{\circ}$

# UPUTE ZA UMJERAVANJE MIKROMETRA ZA VANJSKA MJERENJA

Dokument br.:

Datum:

Odobrio:

## 7 PROVOĐENJE UMJERAVANJA

Model umjeravanja napravljen je prema dokumentu VDI/VDE/DGQ 2618 - 10.1 ( istovjetno sa normom DIN 683 ) i kao takav je važeći za mikrometre sa ravnim mjernim površinama za vanjska mjerenja, digitalnog i analognog prikaza rezultata mjerenja.

### 7.1 Mjernje neravnosti mjernih površina

Mjerenje neravnosti mjernih površina provodi se pomoću kontrolnog stakla KS-02-1 koje se postavlja na mjerne površine pri čemu se vidljivi broj kolobara na staklu množi sa vrijednosti 0,3 i pri tome se dobiva vrijednost neravnosti mjerne površine. Način mjernje primjenjuje se samo za mikrometre tipa 2.3.1

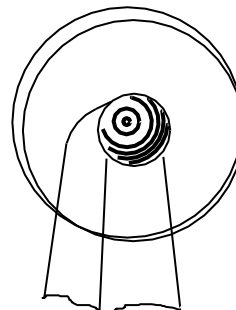
PRIMJER:

Broj vidljivih interferencijskih kolobara

$k=5$

Izračun neravnosti

Neravnost=  $k \times 0,3 = 0,15\mu\text{m}$



Slika 7. Mjerenje neravnosti mjernih površina

NAPOMENA: Rezultati mjerenja upisuju se u Radnu podlogu za umjeravanje, točka 3, Tablica 3.



Dokument br.:

Datum:

Odobrio:

## 7.2 Određivanje mjerne pogreške F

- 7.2.1 Razlika izmjerene vrijednosti planparalelne granične mjerke i nazivne vrijednosti je mjerna pogreška mikrometra u određenoj točki.
- 7.2.2 Za određivanje mjerne pogreške F potrebo je provesti mjerenje u više točaka ( najmanje 9 ) uz primjenu seta planparalelnih graničnih mjerki KS-02 iz točke 5.
- 7.2.3 Mjerenje u svakoj točki ponoviti dva puta te upisati rezultate i izračunati pripadne aritmetičke sredine te i njih upisati u Radnu podlogu za umjeravanje mikrometara
- 7.2.4 Vrijednost  $f_{\max}$  izračunati kao raspon vrijednosti mjernih pogrešaka F te izračunati iznos upisati u Radnu podlogu za umjeravanje mikrometara

## 8 PRORAČUN ZA ISKAZIVANJE MJERNE NESIGURNOSTI

### 8.1 Matematički model mjerenja:

$$E_x = l_{ix} - l_s + \delta l_{ix} + \delta l_m + \delta l_0 + L_s \cdot \bar{\alpha} \cdot \Delta t$$

gdje su:

- $l_{ix}$  - očitavanje mikrometra
- $l_s$  - duljina etalona
- $\bar{\alpha}$  - prosječni koeficijent toplinskog širenja mikrometra i etalona
- $\Delta t$  - razlika temperatura mikrometra i etalona
- $\delta l_{ix}$  - korekcija zbog procijene očitavanja na skali mikrometra
- $\delta l_m$  - korekcija zbog mehaničkih utjecaja
- $\delta l_0$  - korekcija zbog postavljanja na nulu
- $L_s$  - nominalna duljina etalona

# UPUTE ZA UMJERAVANJE MIKROMETRA ZA VANJSKA MJERENJA

Dokument br.:

Datum:

Odobrio:

## 8.2 Sastavnice standardne nesigurnosti

U Tablicama 1. i 2. dane su sastavnice standardne nesigurnosti za postupak umjeravanja mikrometra za vanjska mjerenja.

Tablica 1. Sastavnice standardne nesigurnosti kod umjeravanja mikrometra za vanjska mjerenja rezolucije 0,01mm

Sastavnica standardne mjerne nesigurnosti	Izvor nesigurnosti	Iznos standardne nesigurnosti	Koeficijent osjetljivosti $c_i$	Razdioba	Doprinos mjernoj nesigurnosti, $\mu\text{m}$ , $L$ u $m$
$u(l_{ix})$	Mjerna ponovljivost	0,416 $\mu\text{m}$	1	Normalna	0,416
$u(L_{ref})$	Duljina etalona	0,46 $\mu\text{m}$	-1	Normalna	-0,46
$u(\Delta t)$	Razlika temperatura	0,173 $^{\circ}\text{C}$	$L_s \cdot \bar{\alpha}$	Pravokutna	0,173·11,5 $L_s$
$u(\delta l_{ix})$	Očitanje skale	0,578 $\mu\text{m}$	1	Pravokutna	0,578
$u(\delta l_m)$	Mehanički utjecaji	0,578+1,73 $L$ $\mu\text{m}$	1	Pravokutna	0,578+1,73 $L$
$u(l_0)$	Postavljanje na nulu	0,578 $\mu\text{m}$	1	Pravokutna	0,578
Sastavljena mjerna nesigurnost $u_c$ :			$u_c=(1,1+2,0L)$ $\mu\text{m}$ , $L$ u $m$		
Linearizirana proširena mjerna nesigurnost $U$ , $k=2$ , $P=95\%$ :			$U = (2,2+4,0L)$ $\mu\text{m}$ , $L$ u $m$		

# UPUTE ZA UMJERAVANJE MIKROMETRA ZA VANJSKA MJERENJA

Dokument br.:

Datum:

Odobrio:

Tablica 2. Sastavnice standardne nesigurnosti kod umjeravanja mikrometra za vanjska mjerenja rezolucije 0,001mm

Sastavnica standardne mjerne nesigurnosti	Izvor nesigurnosti	Iznos standardne nesigurnosti	Koeficijent osjetljivosti $c_i$	Razdioba	Doprinos mjernoj nesigurnosti, $\mu\text{m}$ , $L$ u $m$
$u(l_{ix})$	Mjerna ponovljivost	0,254 $\mu\text{m}$	1	Normalna	0,254
$u(L_{ref})$	Duljina etalona	0,46 $\mu\text{m}$	-1	Normalna	-0,46
$u(\Delta t)$	Razlika temperatura	0,173 $^{\circ}\text{C}$	$L_s \cdot \bar{\alpha}$	Pravokutna	0,173·11,5 $L_s$
$u(\delta l_{ix})$	Očitanje skale	0,145 $\mu\text{m}$	1	Pravokutna	0,145
$u(\delta l_m)$	Mehanički utjecaji	0,578+1,73 $L$ $\mu\text{m}$	1	Pravokutna	0,578+1,73 $L$
$u(l_0)$	Postavljanje na nulu	0,173 $\mu\text{m}$	1	Pravokutna	0,173
Sastavljena mjerna nesigurnost $u_c$ :					$u_c=(0,7+2,5L) \mu\text{m}, L$ u $m$
Linearizirana proširena mjerna nesigurnost $U$ , $k=2$ , $P=95\%$ :					$U = (1,4+5,0L) \mu\text{m}, L$ u $m$

# UPUTE ZA UMJERAVANJE MIKROMETRA ZA VANJSKA MJERENJA



---

Dokument br.:

Datum:

Odobrio:

## 8.3 Proširena mjerna nesigurnost

### 8.3.1 Mikrometar rezolucije 0,01 mm:

$$U = (2,2+4,0L) \mu\text{m}, L \text{ u m}; k=2, P=95\%$$

### 8.3.2 Mikrometar rezolucije 0,001 mm:

$$U = (1,4+5,0L) \mu\text{m}, L \text{ u m}; k=2, P=95\%$$

*Privitak 4 . Radna podloga za umjeravanje mikrometra*

# RADNA PODLOGA ZA UMJERAVANJE MIKROMETRA ZA VANJSKA MJERENJA



## PODACI O MJERILU:

Vrsta mjernog uređaja:	_____
Tip mjernog uređaja/sredstva:	_____
Serijski broj:	_____
Identifikacijski broj:	_____
Proizvođač:	_____
Nazivna duljina:	_____

## DODATAK:

**Tip mjernog uređaja/sredstva** nalazi se sa zadnje strane mjerno uređaja

**Serijski broj** nalazi se sa zadnje strane mjernog uređaja i ima oblik XXX-XXXXX

**Identifikacijski broj** nalazi se graviran sa zadnje strane tijela mikrometra oblika MSxxxx

**Proizvođač** je naveden u dokumentima od pomičnog mjerila ili se nalazi na samom mjerilu

# **RADNA PODLOGA ZA UMJERAVANJE MIKROMETRA ZA VANJSKA MJERENJA**



## **PRETHODNA KONTROLA MJERNE OPREME**

Zaokružiti "da" ukoliko mjerno sredstvo zadovoljava kriterij, zaokružiti "ne" ukoliko mjerno sredstvo ne zadovoljava kriterij ili je uočena nepravilnost. Pod napomenu obavezno navesti razlog odbacivanja.

Tablica 1. Kontrola mjerne opreme

6.1 Vizualna kontrola mjernih površina	da	ne
6.2 Kontrola digitalnog prikaza ( DIGITALNI UREĐAJ )	da	ne
6.3 Kontrola mjernih skala ( ANALOGNI UREĐAJ )	da	ne
6.4 Kontrola navojnog vretena	da	ne
6.5 Ispravnost kočnice	da	ne
6.6 Funkcionalnost tipki ( DIGITALNI UREĐAJ )	da	ne
6.7 Provjera napajanja ( DIGITALNI UREĐAJ )	da	ne
6.8 Temperiranje mjerne opreme	da	ne

Napomene te primjedbe:

NAPOMENA: Ukoliko jedan od kriterija ne zadovoljava daljnja provedba mjerenja nije potrebna te se mjerno sredstvo označava kao "nevažeće" i zbrinjava se na to propisan način.

Provjeru proveo: \_\_\_\_\_

Datum: \_\_\_\_\_

**ODREĐIVANJE MJERNE POGREŠKE**

7.2 ODREĐIVANJE MJERNE POGREŠKE					
Referentna vrijednost mm	Odstupanje $\mu\text{m}$			$f_{\text{max}}$ $\mu\text{m}$	
	1	2	Srednja vrijednost	Izmjereno	Dopušteno odstupanje
A=					
A + 2,5					
A + 5,1					
A + 7,7					
A + 10,3					
A + 12,9					
A + 15,0					
A + 17,6					
A + 20,2					
A + 25,0					
Mjerna nesigurnost , U= $\mu\text{m}$					



**RADNA PODLOGA ZA UMJERAVANJE  
MIKROMETRA ZA VANJSKA MJERENJA**



**7.1 ODREĐIVANJE NERAVNOSTI MJERNIH POVRŠINA**

Mjerna površina	Neravnost	
	μm	
	Izmjerena vrijednost μm	Dopušteno odstupanje μm
Nakovanj		
Vreteno		
Mjerna nesigurnost , U=            μm		

Mjerenje proveo: \_\_\_\_\_

Datum: \_\_\_\_\_

Datum sljedećeg umjeravanja ( interval 6mj.): \_\_\_\_\_

Mjernja proveo: \_\_\_\_\_  
odobrio: \_\_\_\_\_

Mjerenja

U \_\_\_\_\_, datum \_\_\_\_\_

*Privitak 5 . Upute za umjeravanje mjernih ura*

# UPUTE ZA UMJERAVANJE MJERNIH URA



---

Dokument br.:

Datum:

Odobrio:

## UPUTE ZA UMJERAVANJE MJERNIH URA

IZRADIO: \_\_\_\_\_

PROVJERIO: \_\_\_\_\_

ODOBRIO: \_\_\_\_\_

# UPUTE ZA UMJERAVANJE MJERNIH URA



---

Dokument br.:

Datum:

Odobrio:

Točka poglavlja	Naslov
1	Opis
2	Područje primjene
3	Norme i referentni dokumenti
4	Nazivlje
5	Korištena mjerna sredstva i oprema
6	Prethodna kontrola mjerne opreme
7	Provođenje umjeravanja
8	Proračun za iskazivanje mjerne nesigurnosti

# UPUTE ZA UMJERAVANJE MJERNIH URA



---

Dokument br.:

Datum:

Odobrio:

## 1 OPIS

Ovaj protokol sadrži upute za pravilno provođenje umjeravanja digitalnih i analognih mjernih ura prema normi DIN 878 te vođenje dokumentacije mjerenja prema istoj.

## 2 PODRUČJE PRIMJENE

U ovima uputama za umjeravanje obuhvaćene su mjerne ure rezolucije 0,001-0,01, mjernog područja 0-30mm, digitalno i analognog prikaza rezultata

## 3 NORME I REFERENTNI DOKUMENTI

Kod primjene ovog postupka potrebno je koristiti sljedeće dokumente:

3.1 VDI/VDE/DGQ 2618 - 11.1 (2001): Prüfanweisung für Messschieber.

3.2 DIN 878, Teil 1 (1983): Messuhren

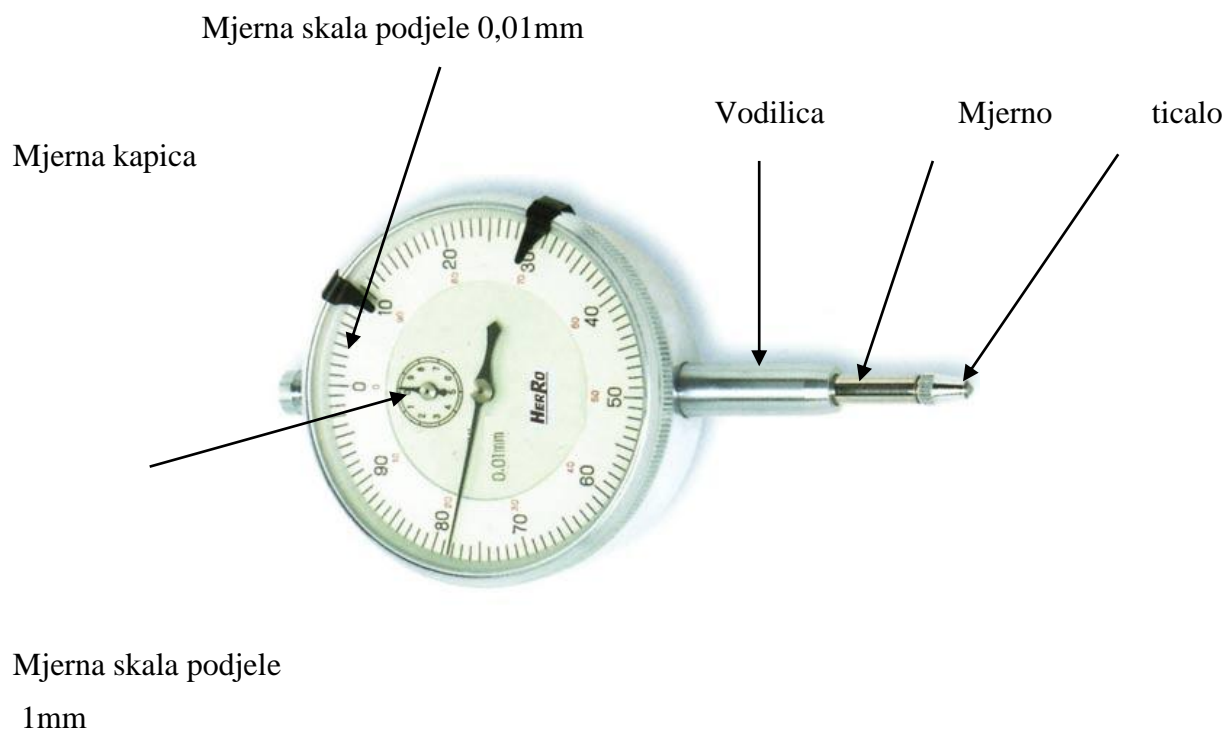
3.3 ISO R 463 (1965): Dial gauges reading in 0,01mm, 0,001 inch and 0,0001 inch

Dokument br.:

Datum:

Odobrio:

## 4 NAZIVLJE



Slika 1. Dijelovi analogna mjerne ure

Dokument br.:

Datum:

Odobrio:

## **5 KORIŠTENA MJERNA SREDSTVA I OPREMA**

Set planparalelnih graničnih mjerki (ISO 3650) Mitutoyo; oznaka KS-05 , 5-dijelni set koji se sastoji od :

- Planparalelne granične mjerke dimenzije L=2mm, serijskog broja PGM-11
- Planparalelne granične mjerke dimenzije L=10mm, serijskog broja PGM-12
- Planparalelne granične mjerke dimenzije L=16mm, serijskog broja PGM-13
- Planparalelne granične mjerke dimenzije L=21mm, serijskog broja PGM-14
- Planparalelne granične mjerke dimenzije L=25mm, serijskog broja PGM-15

Mramorni stolića sa držačem za mjerne ure

- dimenzije (ŠxDxV) 150x300x100mm
- ravnost površine 0,002mm

Dokument br.:

Datum:

Odobrio:

## **6 PRETHODNA KONTROLA MJERNE OPREME**

Prije same provedbe mjerenja potrebo je provesti ispitne radnje na mjernoj opremi, a koje se tiču funkcionalnosti te vizualne kontrole opreme. Preventivna kontrola mjerne opreme obuhvaća sljedeće radnje:

6.1 Vizualna kontrola mjerne površine koja obuhvaća koroziju, oštećenja te nečistoće. Ukoliko je uočena jedna ili više nepravilnosti, iste ukloniti čišćenjem ili doradom na mjernim površinama. Ukoliko su na mjernoj opremi napravljene korektivne radnje potrebo je provjeriti da li mjerna oprema i dalje zadovoljava specifikacije proizvođača prema DIN 878 za mjerne ure.

6.2 Kontrola digitalnog prikaza provodi se na način da se pomično mjerilo namjesti na poziciju kada pokazuje sve "8" ili "0" te nakon toga na mjesto gdje pokazuje sve "2"

6.3 Kontrola klizača i vodilice od oštećenja, nečistoća i potrošenosti provodi se na način da se mjerna ura lagano pomiče od početne do krajnje vrijednosti pri čemu klizanje mora biti lagano i bez zapinjanja

6.4 Pravilna funkcionalnost tipki odnosi se na provjeru tipke "reset" nuliranja mjerne ure te na tipku "on/off" isključivanja i uključivanja. Važno je uočiti da tipke nisu oštećene ili da zaglavljaju kod korištenja.

6.5 Provjera napajanja, baterije, odnosi se na uočljivost prikaza ekrana te eventualne pojave oznake " B " u gornjem desnom dijelu ekrana što označava istrošenost baterije. Baterija bi trebala biti izmijenjena barem svaka tri mjeseca ili češće ukoliko je to potrebno.

6.6 Temperiranje mjerne i ispitne opreme barem 5 sati na temperaturu  $20\pm 1^{\circ}$

NAPOMENA: Rezultati mjerenja upisuju se u Radnu podlogu za umjeravanje mjernih ura, točka 6.



Dokument br.:

Datum:

Odobrio:

## 7 PROVOĐENJE UMJERAVANJA

Model umjeravanja napravljen je prema dokumentu VDI/VDE/DGQ 2618 - 11.1 ( istovjetno sa normom DIN 878 ) i kao takav je važeći za mjerne ure razlučivosti 0,01mm i 0,001mm, mjernog područja 0-30mm

### 7.1 Određivanje pogreške

Provođenje mjerenja te određivanje mjerne pogreške provodi se na način da se mjerna ura postavi na mjerni stol te se namjesti u najniži položaj te se pri tome stavi u nulu. Nakon toga se primjenom seta planparalelnih graničnih mjerki KS-03 iz točke 5. vrši mjerenje za pojedine duljine.



Slika 2. Određivanje mjerne pogreške

Dokument br.:

Datum:

Odobrio:

7.1.1. Razlika izmjerene vrijednosti plaparelelne granične mjerke i nazivne vrijednosti je mjerna pogreška mjerne ure u određenoj točki.

## 7.2 Ponovljivost

Ponovljivost se određuje ponovljeni mjerenjima u jednom dijelu mjernog područja proizvoljno odabranim. Rezultat mjerenja je najveća razlika izmjerene vrijednosti.

## 8 PRORAČUN ZA ISKAZIVANJE MJERNE NESIGURNOSTI

### 8.1 Matematički model mjerenja:

$$E_x = l_{ix} - l_s + \delta l_{ix} + \delta l_0 + L_s \cdot \bar{\alpha} \cdot \Delta t$$

gdje su:

$l_{ix}$  - očitavanje mjerne ure

$l_s$  - duljina etalona

$\bar{\alpha}$  - prosječni koeficijent toplinskog širenja mjerne ure i etalona

$\Delta t$  - razlika temperatura mjerne ure i etalona

$\delta l_{ix}$  - korekcija zbog procijene očitavanja na skali mjerne ure

$\delta l_0$  - korekcija zbog postavljanja na nulu

$L_s$  - nominalna duljina etalona

# UPUTE ZA UMJERAVANJE MJERNIH URA

Dokument br.:

Datum:

Odobrio:

## 8.2 Sastavnice standardne nesigurnosti

U tablicama 1. i 2. dane su sastavnice standardne nesigurnosti za postupak umjeravanja mjerne ure

Tablica 1. Sastavnice standardne nesigurnosti kod umjeravanja analogne mjerne ure rezolucije 0,01mm i mjernog područja 0-30mm

Sastavnica standardne mjerne nesigurnosti	Izvor nesigurnosti	Iznos standardne nesigurnosti	Koeficijent osjetljivosti $c_i$	Razdioba	Doprinos mjernoj nesigurnosti, $\mu\text{m}$ , $L$ u m
$u(l_{ix})$	Mjerna ponovljivost	1,342 $\mu\text{m}$	1	Normalna	1,342
$u(L_{ref})$	Duljina etalona	0,46 $\mu\text{m}$	-1	Normalna	-0,46
$u(\Delta t)$	Razlika temperatura	0,173 $^{\circ}\text{C}$	$L_s \cdot \bar{\alpha}$	Pravokutna	$0,173 \cdot 11,5 L_s$
$u(\delta l_{ix})$	Očitanje skale	0,578 $\mu\text{m}$	1	Pravokutna	0,578
$u(l_0)$	Postavljanje na nulu	0,578 $\mu\text{m}$	1	Pravokutna	0,578
Sastavljena mjerna nesigurnost $u_c$ :					$u_c = 2,7 \mu\text{m}$
Linearizirana proširena mjerna nesigurnost $U$ , $k=2$ , $P=95\%$ :					$U = 5,4 \mu\text{m}$

# UPUTE ZA UMJERAVANJE MJERNIH URA

Dokument br.:

Datum:

Odobrio:

Tablica 2. Sastavnice standardne nesigurnosti kod umjeravanja digitalne mjerne ure rezolucije 0,001mm i mjernog područja 0-300mm

Sastavnica standardne mjerne nesigurnosti	Izvor nesigurnosti	Iznos standardne nesigurnosti	Koeficijent osjetljivosti $c_i$	Razdioba	Doprinos mjernoj nesigurnosti, $\mu\text{m}$ , $L$ u $m$
$u(l_{ix})$	Mjerna ponovljivost	0,395 $\mu\text{m}$	1	Normalna	0,395
$u(L_{ref})$	Duljina etalona	0,46 $\mu\text{m}$	-1	Normalna	-0,46
$u(\Delta t)$	Razlika temperatura	0,173 $^{\circ}\text{C}$	$L_s \cdot \bar{\alpha}$	Pravokutna	$0,173 \cdot 11,5 L_s$
$u(\delta l_{ix})$	Očitavanje skale	0,145 $\mu\text{m}$	1	Pravokutna	0,145
$u(l_0)$	Postavljanje na nulu	0,058 $\mu\text{m}$	1	Pravokutna	0,058
Sastavljena mjerna nesigurnost $u_c$ :					$u_c = 0,45 \mu\text{m}$
Linearizirana proširena mjerna nesigurnost $U$ , $k=2$ , $P=95\%$ :					$U = 1 \mu\text{m}$

---

Dokument br.:

Datum:

Odobrio:

### 8.3 Proširena mjerna nesigurnost

#### 8.3.1 Mjerna ura rezolucije 0,01 mm:

$$U = 5,4 \mu\text{m}; k=2, P=95\%$$

#### 8.3.2 Mjerna ura rezolucije 0,001 mm:

$$U = 1\mu\text{m} ; k=2, P=95\%$$

*Privitak 6 . Radna podloga za umjeravanje mjernih ura*

# RADNA PODLOGA ZA UMJERAVANJE MJERNIH URA



## PODACI O MJERILU:

Vrsta mjernog uređaja: \_\_\_\_\_

Tip mjernog uređaja/sredstva: \_\_\_\_\_

Serijski broj: \_\_\_\_\_

Identifikacijski broj: \_\_\_\_\_

Proizvođač: \_\_\_\_\_

Nazivna duljina: \_\_\_\_\_

## DODATAK:

**Tip mjernog uređaja/sredstva** nalazi se sa zadnje strane mjernog uređaja

**Serijski broj** nalazi se sa zadnje strane mjernog uređaja i ima oblik XXX-XXXXX

**Identifikacijski broj** nalazi se graviran sa zadnje strane u obliku MSxxxx

**Proizvođač** je naveden u dokumentima proizvođača mjerne ure ili se nalazi na samom mjerilu

**PRETHODNA KONTROLA MJERNE OPREME**

Zaokružiti "da" ukoliko mjerno sredstvo zadovoljava kriterij, zaokružiti "ne" ukoliko mjerno sredstvo ne zadovoljava kriterij ili je uočena nepravilnost. Pod napomenu obavezno navesti razlog odbacivanja.

6.1 Vizualna kontrola mjerne površina (ticala )	da	ne
6.2 Kontrola digitalnog prikaza	da	ne
6.3 Kontrola klizača i vodilice	da	ne
6.4 Funkcionalnost tipki	da	ne
6.5 Provjera napajanja	da	ne
6.6 Temperiranje mjerne opreme	da	ne

Napomene te primjedbe:

NAPOMENA: Ukoliko jedan od kriterija ne zadovoljava daljnja provedba mjerenja nije potrebna te se mjerno sredstvo označava kao "nevažeće" i zbrinjava se na to propisan način.

Provjeru proveo: \_\_\_\_\_

Datum: \_\_\_\_\_



**ODREĐIVANJE MJERNE POGREŠKE**

7.1 ODREĐIVANJE MJERNE POGREŠKE		
Referentna vrijednost <i>L</i> u mm	Odstupanje $\mu\text{m}$	Dopušteno odstupanje $\mu\text{m}$
2,00		
10,00		
16,00		
21,00		
25,00		
Mjerna nesigurnost, $U =$ $\mu\text{m}$		

Mjerenje proveo: \_\_\_\_\_

Datum: \_\_\_\_\_

Datum sljedećeg umjeravanja ( interval 6mj.): \_\_\_\_\_

Mjerenja proveo: \_\_\_\_\_

Mjerenja odobrio: \_\_\_\_\_

$U$  \_\_\_\_\_, datum \_\_\_\_\_